CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

ANAIS

PATROCÍNIO: **OURO**

CAPES

PLAXMETAL
CADEIRAS CORPORATIVAS E MÓVEIS ESCOLARES

DUO FORMATURAS

PATROCÍNIO: **PRATA**

Harbor Inn
HOTÉIS ECONÔMICOS

ENGIE

REALIZAÇÃO:

URI
ERECHIM

CREA-RS
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul
VALORIZAÇÃO E DEFESA DA ÁREA TECNOLÓGICA

C749a Congresso Internacional de Gestão, Tecnologia e Inovação URI (CONIGTI)
(*3. : 2017: Erechim, RS*)
Anais [recurso eletrônico] : / III Congresso Internacional de Gestão, Tecnologia e Inovação URI (CONIGTI). - Erechim, RS: EdiFAPES, 2017.
1 CD-ROM ; 4 ¾ pol.
ISBN 978-85-7892-133-0

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

"Organização: Arthur Bortolin Beskow; Adilson L. Stankiewicz; Cristiano Vitorino da Silva."

1. Engenharias 2. Desenvolvimento tecnológico 3. Desenvolvimento científico I. Título

CDU: 62(063)

Catalogação na fonte: bibliotecária Sandra Milbrath CRB 10/1278

COMISSÃO ORGANIZADORA E CIENTÍFICA

Adilson Luis Stankiewicz
Aldecir José Theodoro
Alessandro Emilio Valmorbida
Alexander Junges
Amito José Teixeira
Antonio Sergio do Amaral
Arthur Bortolin Beskow
Camila Sampaio dos Reis
Cássio Luciano Baratieri
Clarice Steffens
Cristiano Vitorino da Silva
Cristina Vitorino da Silva
Daiane de Sena Brisotto
Darllan Fabiani da Silva Santos
Eunice Valduga
Fernando Mazon
Geciane Toniazzo Backes
Gilson Francisco Paz Soares
Ilizandra Aparecida Fernandes
Ivana Karine Aver
Jardes Bragagnolo
Jessie Bruhn
Juliana Steffens
Juliano Hawryluk
Julio César Brancher
Larissa Montagner de Barros
Leandro Marcio Langoski
Luciana Dornelles Venquiaruto
Luís Felipe Dondoni
Marcelo Luis Mignoni
Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza
Natalia Bula
Natalia Paroul
Oseias Messias de Oliveira Esmelindro
Paulo Sergio Gomes da Rocha
Rafael Petri Zanardo
Raquel Paula Lorensi
Raul Vanz
Roberta Fátima Neumeister
Rodrigo André Cechett
Rogério Luis Cansian
Rogério Marcos Dal lago
Rosicler Colet
Sara Roesler
Suelen Cristina Vanzetto
Tancredo Westphal Jr
Thiago André Weschenfelder
Vanderlei Decian

CONIGTI

3rd International Congress of Management, Technology and Innovation

October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil

URI ERECHIM

REALIZAÇÃO

URI ERECHIM

CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

VALORIZAÇÃO E DEFESA DA ÁREA TECNOLÓGICA

PATROCÍNIO: OURO

CAPES

PLAXMETAL CADEIRAS CORPORATIVAS E MÓVEIS ESCOLARES

DUO FORMATURAS

PATROCÍNIO: PRATA

Harbor Inn HOTÉIS ECONÔMICOS

ENGIE

APOIO

ACCIE

Audioeletro Automação Residencial

aurora a hora mais gostosa do dia

BADALOTTI GESSO

BARÃO

Se é Bayer, é bom

BlocoCriativo

Bon Art Engenharia

Caramello

CI INTERCÂMBIO E VIAGEM

coc Centro de Câncer

cordi

Coscioni Negócios

GOTRIJAL

CRERAL

DEVIANT

elipse software

Fuzinatto

Helmholtz-Zentrum Geesthacht

INSTITUTO FEDERAL Rio Grande do Sul

JR Construções

KERBERMIX

Korbus Mármores & Concretos Granitos Nacionais & Importados

La Matina

PAVERMAX

PC INFORMÁTICA

Planejare

progettare.

Qualita Marcenaria

RENAN SCAPINELLO

Roseane Zanardo

SCOPO

SEAE

Siemens PLM Software SIEMENS

Star

THEODORO ASSESSORIA CONTÁBIL

TODERO Soluções Elétricas

Tubo Center Materiais de Construção

UCS UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

UFRGS

UFSM

unindústria

UPF Universidade de Passo Fundo

URI SANTO ÂNGELO

VIA VIDROS

TRABALHOS

ADMINISTRAÇÃO		
GABRIELA CANSIAN BORDA	COMO A FAIRTRADE PODE CONTRIBUIR PARA UM COMÉRCIO MAIS JUSTO NA INDÚSTRIA TÊXTIL	35
LEVINO BERTOCHI JUNIOR GIOVANI JORDI BRUSCHI	DA ÁFRICA COM AMOR: UM ESTUDO ACERCA DAS CARACTERÍSTICAS CULTURAIS DE NEGOCIAÇÃO NO CROSS-CULTURAL ENTRE BRASIL E COSTA DO MARFIM	40
Agronomia		
ALESSANDRO VINÍCIUS COLUSSI FLÁVIA REGINA BIAZUS CARINE REMPEL CLAUDINEI ZULIAN CLEBER ANTÔNIO PICOLI JARDEL ANTÔNIO SENHORI MARCOS ANTONIO BETOTTI ANTÔNIO SERGIO DO AMARAL AMITO JOSÉ TEIXEIRA JARDES BRAGAGNOLO PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA	DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO SUBMETIDO À DIFERENTES FONTES QUÍMICAS DE FÓSFORO CULTIVADO EM SOLO ÁCIDO SOB CASA DE VEGETAÇÃO	47
AMITO JOSÉ TEIXEIRA ARIEL BANDIEIRA ELIAS CARA ZEN ENÉIAS WOIDYLA JOSIELI FÁTIMA VESOLOSKI LUCIANE MARIA ZIGER WITOSLAWSKI MATHEUS LUIS ZULIAN MAURICÍO BERTON MURILO JOÃO RAMOS TAILAN OGIMBOVSKI	PRODUTIVIDADE DA AVEIA PRETA COM ADUBAÇÃO QUÍMICA E ORGÂNICA EM DIFERENTES TRATAMENTOS	51
ANGELICA DANIELA BEAL MARTA MARIA CASA BLUM	EFEITO DE DIFERENTES FORMAS DE INOCULAÇÃO VIA TRATAMENTO DE SEMENTES NA CULTURA DA SOJA	55
ANTONIO SERGIO DO AMARAL MATEUS BINOT AMITO JOSÉ TEIXEIRA PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA JARDES BRAGAGNOLO RAQUEL PAULA LORENSI	APLICAÇÃO DE CORRETIVOS COM MAIOR REATIVIDADE VISANDO A CULTURA DA SOJA	59
AUGUSTO CIMA DAL PIZZOL MAICON AUGUSTO LUSSANI JOSÉ AUGUSTO FENSKI VEGHER LUCAS LUÍS MAITO SILVINO JOSÉ LIOTTO JÚNIOR TEILOR TIAGO ZELIK LUAM JOSÉ BAMPI JARDES BRAGAGNOLO	AVALIAÇÃO DA REGULAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE FERTILIZANTES COM SEMEADORA-ADUBADORA	63

BRUNA LETÍCIA ANZOLIN LENIR FÁTIMA GOTZ FELIPE PIOVESAN ALFREDO CASTAMANN	ACIDEZ ATIVA DE SOLO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO E MATA	67
DEIVID SACON ALINE NETTO LAÍS DALZOTTO PÉRICLES STEFFEN PAOLA MENDES MILANESI	TRATAMENTO QUÍMICO E BIOLÓGICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E NA SANIDADE DE SEMENTES DE TRIGO E CEVADA	72
DEIVID SACON NATALIÊ LUÍSE FABBIAN ALINE NETTO EDUARDO SILVESTRINI TONELLO PAOLA MENDES MILANESI	PRODUTIVIDADE, RENDIMENTO E PRESENÇA DE DEOXINIVALENOL EM CEVADA APÓS APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS PARA CONTROLE DE GIBERELA	77
DIOGO VITALE CANOVA JAKSON ALEXANDRE MAY AMITO JOSÉ TEIXEIRA	DESEMPENHO PRODUTIVO DO TIFTON 85 SUBMETIDO A DIFERENTES FONTES E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA	83
DOUGLAS CIBULSKI JOICE ZUANAZZI BENETTI SILVIO ANTONIO OSOWSKI CÉSAR VALDIR RONSONI MAIKE PATRIK MOSNA THIAGO ZAGO BONAFIN JUNIOR GRZYBOWSKI MAURICIO VALENTINI SEMENSE DILVAN SAMUEL DO NASCIMENTO TAIRINE RUFFATO AMITO JOSÉ TEIXEIRA	AZEVÉM POTRO SUBMETIDO A DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO	89
GABRIELA ROMAN BIANCHI ANGÉLICA ROMAN BIANCHI AMITO JOSÉ TEIXEIRA	AVALIAÇÃO DA MATÉRIA VERDE E MATÉRIA SECA DA AVEIA UCRANIANA COM DIFERENTES ADUBAÇÕES	94
GEOVANA FACCO BARBIERI KAMILA GABRIELE SANTOS JANINE FARIAS MENEGAES UBIRAJARA RUSSI NUNES	ENRAIZAMENTO DE ESTACAS APICAIS DE ALECRIM COM USO DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO	98
GEOVANA FACCO BARBIERI JANINE FARIAS MENEGAES UBIRAJARA RUSSI NUNES ROGÉRIO ANTÔNIO BELLÉ	QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CELOSIA DE DIFERENTES IDADES	102
IZELMAR TODERO TÁSSIA CARLA CONFORTIN LUCIANA LUFT THIARLES BRUN JÉSSICA EMILIA RABUSKE	CONCENTRAÇÃO DE METABOLITOS SECUNDÁRIOS DE FUNGO FITOPATÓGENO COM AÇÃO BIOHERBICIDA	106
IZELMAR TODERO THIARLES BRUN JÉSSICA EMILIA RABUSKE TÁSSIA CARLA CONFORTIN LUCIANA LUFT THIAGO CASTRO ALMEIDA MARCIO ANTONIO MAZUTTI	PRODUÇÃO DE HERBICIDA EM BIORREATOR A PARTIR DO FUNGO PHOMA SP.	109

JAKSON ALEXANDRE MAY FELIPE KOMINKIEWICZ MARTA MARIA CASA BLUM	EFEITO DO TRATAMENTO DE SEMENTES ASSOCIADO A DIFERENTES FUNGICIDAS NA PARTE AÉREA DA CULTURA DA SOJA SOBRE O CONTROLE DA FERRUGEM ASÍATICA	112
JÉSSICA CRISTINA BACKES MARCIANA BRANDALISE IVAN LUÍS ROVANI FRANCIELE ROSSET DE QUADROS JÉSSICA APARECIDA PRANDEL CHARLI CRISTINA CENCI ELISABETE MARIA ZANIN VANDERLEI SECRETTI DECIAN	DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA E DADOS AGROPECUÁRIOS NA REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL	118
JOSEMAR BERTUZI LUCAS FELIPE BERTONI RÚBIA DE MATOS PAIXÃO MAURÍCIO PANSERA PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA KETLIN LOLATO	DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SACAROSE NO ENRAIZAMENTO IN VITRO DE MORANGUEIRO CULTIVAR DOVER	124
JOSIELI FÁTIMA VESOLOSKI LUCIANE MARIA ZIGER WITOSLAWSKI AMITO JOSÉ TEIXEIRA TAILAN OGIMBOVSKI ENÉIAS WOIDYLA ARIEL BANDIERA MURILO JOÃO RAMOS ELIAS CARA ZEN MATHEUS LUIS ZULIAN MAURICÍO BERTON	PRODUÇÃO DE MATÉRIA VERDE E MATÉRIA SECA DA AVEIA PRETA CONSORCIADA COM A ERVILHACA SOB DIFERENTES ADUBAÇÕES DE BASE	128
JUNIOR GRZYBOWSKI SILVIO ANTONIO OSOWSKI CÉSAR VALDIR RONSONI MAIKE PATRIK MOSNA THIAGO ZAGO BONAFIN MAURICIO VALENTINI SEMENSE DILVAN SAMUEL DO NASCIMENTO JOICE ZUANAZZI BENETTI TAIRINE RUFFATO DOUGLAS CIBULSKI AMITO JOSÉ TEIXEIRA	RESPOSTA DO AZEVÉM ECLIPSE SUBMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA	132
KETLIN LOLATTO ALESSANDRO VINÍCIUS COLUSSI AMITO JOSÉ TEIXEIRA ANTONIO SERGIO DO AMARAL JARDES BRAGAGNOLO PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA RAQUEL PAULA LORENSI	PRODUTIVIDADE DA AVEIA PRETA COMUM (AVENA STRIGOSA SCHREB) E AVEIA UCRANIANA COM DIFERENTES DOSES DE NPK E CAMA DE AVIÁRIO	136
LUAM JOSÉ BAMPI ANDERSON JACOB ALBERTI JARDES BRAGAGNOLO LEANDRO DE MELLO PINTO RAQUEL PAULA LORENSI WILLIAN JAIR KUHN GLEISON YURI DIAS TEILOR TIAGO ZELIK	AVALIAÇÃO E MAPEAMENTO DAS PERDAS DE GRÃOS DE MILHO DURANTE COLHEITA MECANIZADA EM DIFERENTES DECLIVIDADES	141

LUCIANE MARIA ZIGER WITOSLAWSKI JOSIELI FÁTIMA VESOLOSKI PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA AMITO JOSÉ TEIXEIRA ANTONIO SERGIO DO AMARAL	ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE BOLDO SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE BOLDO SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES	147
MARCIANA BRANDALISE CHARLI CRISTINA CENCI FRANCIELE ROSSET DE QUADROS JÉSSICA APARECIDA PRANDEL IVAN LUÍS ROVANI JÉSSICA CRISTINA BACKES ELISABETE MARIA ZANIN VANDERLEI SECRETTI DECIAN	PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA DAS EMBALAGENS DE AGROTÓXICOS PARA O MUNICÍPIO DE ARATIBA, RS	152
MICHELE MARA BREITENBACH ANTONIO SERGIO DO AMARAL PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA JARDES BRAGAGNOLO AMITO JOSÉ TEIXEIRA	EFEITO DA ADUBAÇÃO FOLIAR NA CULTURA DA SOJA COMO COMPLEMENTO A ADUBAÇÃO VIA SOLO	158
MURILO JOÃO RAMOS ENÉIAS WOIDYLA TAILAN ANTONIO OGIMBOVSKI AMITO JOSÉ TEIXEIRA ARIEL BANDIEIRA ELIAS CARA ZEN JOSIELI FÁTIMA VESOLOSKI LUCIANE ZIGER WITOSLAWSKI MATHEUS LUÍS ZULIAN MAURICIO HENRIQUE BERTON	AVEIA PRETA UCRANIANA (AVENA STRIGOSA) SUBMETIDA A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE URINA BOVINA	163
NATAN CEZAR MARTELLI AMITO JOSÉ TEIXEIRA JULIO CESAR BRANCHER ANTONIO SERGIO DO AMARAL JARDES BRAGAGNOLO PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA RAQUEL PAULA LORENSI	AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE TRATAMENTO DE SEMENTE DE SOJA	167
PAOLA MENDES MILANESI LENIR FÁTIMA GOTZ VANDERLÉIA FORTUNA NATALIÊ LUÍSE FABBIAN HENRIQUE LUIZ ZANIN MAICON ROSIN	ADUBAÇÕES ALTERNATIVAS NO DESEMPENHO DE ALFACE CRESPA EM ERECHIM, RS	171
PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA DIOGO VITALE CANOVA SERGIO HENRIQUE MOSELE ANTONIO SERGIO DO AMARAL JARDES BRAGAGNOLO AMITO JOSÉ TEIXEIRA GABRIEL SCALABRIN	ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DE MORANGUEIRO CULTIVAR DOVER SOB LEDS	175

PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA DIOGO VITALE CANOVA JÚLIO CÉSAR BRANCHER ANTONIO SERGIO DO AMARAL SERGIO HENRIQUE MOSELE MATHEUS TONELLO	CULTIVO HIDROPÔNICO DE ALMEIRÃO SOB DIODOS EMISSORES DE LUZ (LEDS)	180
RENATA FONTANA FAVARETTO MARLOVE FATIMA BRIAO MUNIZ FELIPE VEDOVATTO TALES POLETTO CLAIR WALKER JAQUELINE RAQUEL TOMM KRAHN VINÍCIUS SPOLAOR FANTINEL	CONTROLE IN VITRO DE COLLETOTRICHUM LINDEMUTHIANUM COM TRICHODERMA SPP.	184
SAMARA CARLA SERAFINI JÚLIO CESAR BRACHER PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA	TESTES DE VIABILIDADE EM SEMENTES DE SOJA SALVAS NO MUNICÍPIO DE CENTENÁRIO – RS	190
SILVIO ANTONIO OSOWSKI CÉSAR VALDIR RONSONI MAIKE PATRIK MOSNA THIAGO ZAGO BONAFIN JUNIOR GRZYBOWSKI MAURICIO VALENTINI SEMENSE DILVAN SAMUEL DO NASCIMENTO JOICE ZUANAZZI BENETTI TAIRINE RUFFATO DOUGLAS CIBULSKI AMITO JOSÉ TEIXEIRA	PRODUTIVIDADE DO AZEVÉM POTRO COM DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO	194
TÁSSIA CARLA CONFORTIN JÉSSICA EMILIA RABUSKE EMANUELE JUNGUES MARLOVE FÁTIMA BRIÃO MUNIZ THIARLES BRUN IZELMAR TODERO PÂMELA ORUOSKI CLAIR WALKER VINÍCIUS SPOLAOR FANTINEL LUCAS SAVIAN LUCIANA LUFT	INFLUÊNCIA DE TRICHODERMA HARZIANUM NO CONTROLE DA ANTRACNOSE	199
THAIS FERNANDA FORATTI GUILHERME ZANETTE AMITO JOSÉ TEIXEIRA	PATOLOGIA EDAFOLÓGICA DA FITÓFTORA NA SOJICULTURA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	202
VANDERLEI CARLOS VEIGEL MARTA CASA BLUM JARDES BRAGAGNOLO AMITO TEIXEIRA LUAN BAMPI VINICIÚS GUSTAVO LIRA BORSA	EFEITOS DO SILÍCIO NA PRODUTIVIDADE E NA INDUÇÃO DE RESITÊNCIA À FERRUGEM ASIÁTICA E MANCHA FOLIAR NA SOJA (GLICYNE MAX) EFEITOS DO SILÍCIO NA PRO	206

VINÍCIUS GUSTAVO LIRA BORSA ADILSON JOSE SZADY VANDERLEI CARLOS VEIGEL FERNANDA ZANIN PEDRO HENRIQUE FOLETTO FACCHI VINÍCIUS MATEUS SEHABER JAKSON ALEXANDRE MAY AMITO JOSÉ TEIXEIRA	AZEVÉM COMO PASTAGEM DE INVERNO PARA GADO LEITEIRO REVISÃO BIBLIOGRÁFICA AZEVÉM COMO PASTAGEM DE INVERNO PARA GADO LEITEIRO REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	210
Arquitetura e Urbanismo		
ADRIANA PAULA DANIEL IVANA KARINE AVER MÁRCIA CUIAVA RENATA STRASSBURG MARCIANE ZIGER	CIDADES SUSTENTÁVEIS	216
ALESSANDRO EMILIO VALMORBIDA	USO DE METODOLOGIAS ATIVAS PARA A APLICAÇÃO E FIXAÇÃO DE CONTEÚDO NA DISCIPLINA DE TOPOGRAFIA NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO.	220
DANIELA ROSIN ANA PAULA ZULIAN CARINE SCANAGATTA MÔNICA BRANDLER IVANA KARINE AVER	PLANO PILOTO DE BRASÍLIA	224
DARLLAN FABIANI DA SILVA SANTOS	A APLICAÇÃO DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA PARA A OBTENÇÃO DE CONFORTO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE DO EDIFÍCIO GUSTAVO CAPANEMA / RJ	227
DARLLAN FABIANI DA SILVA SANTOS	LEI CIDADE LIMPA: UMA FERRAMENTA DE VALORIZAÇÃO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E DE PRESERVAÇÃO DA MEMÓRIA CULTURAL DA CIDADE DE ERECHIM / RS	232
ELISA BALEN LETÍCIA SANTOLIN TAINARA CONTE VANESSA TIBOLA ROCHA	ASPECTOS ARQUITETÔNICOS E CONSTRUTIVOS DE AUGUSTE PERRET	237
GABRIELA OCHIAL STANKIEWICZ SARA ROESLER DARLLAN FABIANI	ANÁLISE SOBRE A ACESSIBILIDADE NA ÁREA CENTRAL DA CIDADE DE ERECHIM, RS	242
GIOVANI JORDI BRUSCHI LEVINO BERTOCHI JUNIOR GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	ECO BUILDINGS: A PIVOTAL INTERRELATIONSHIP ANALYSIS OF SUSTAINABLE ENGINEERING IN THE CONSTRUCTION SECTOR	247
GREISI MARA BIANCHINI CALISIANI CATIANI AZZOLINI ELISA BALEN GABRIELA STANKIEWICZ	TIPOLOGIAS E PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÃO HISTÓRICA – PREFEITURA DE ERECHIM	253
GUILHERME CEZARO MUNARETTO LUANA CARINA KUHN ROBERTA GAZOLLA FERRARESE	LOUIS KAHN: O ARQUITETO DA CRIATIVIDADE E INOVAÇÃO	259
IVANA KARINE AVER FRANCISCO LUIZ PINTO	APLICAÇÃO DE MODELOS URBANOS PARA ANÁLISE DA CIRCULAÇÃO DE PEDESTRES	264

IVANA KARINE AVER FRANCISCO LUIZ PINTO	EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO PROCESSO DE PARTICIPAÇÃO POPULAR NO BRASIL	269
JESSICA ANDRADE MICHEL	REFLEXÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA DOS ASSESSORAMENTOS NO ENSINO DE PROJETO ARQUITETÔNICO	274
LAURA FORCELINI PERTILLE LETÍCIA REGINA PEREIRA BANHARA SAMIR MARQUES AZEVEDO	WALTER GROPIUS: UMA ANÁLISE DO INÍCIO DO MOVIMENTO MODERNO	279
LETÍCIA REGINA PEREIRA BANHARA SARA ROESLER DARLLAN FABIANI DA SILVA SANTOS	ACESSIBILIDADE NA UNIVERSIDADE: ANÁLISE DOS SANITÁRIOS DO PRÉDIO 08 NO CAMPUS 2 EM ERECHIM DA UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MI	284
LUANA CARINA KUHN SARA ROESLER DARLAN FABIANI	ACESSIBILIDADE EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS: O CASO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM	289
NATALIA NAKADOMARI BULA MELISSA LAUS MATTOS	DETALHE E SIGNIFICADO NA ARQUITETURA	293
ANA PAULA ZAGONEL IVONE ZINKIEWICZ MILENA BAGATINI COPPI RENATA DE BARROS IVANA KARINE AVER	URBANISMO ROMANO: A EXPANSÃO DO TRAÇADO VIÁRIO NA CIDADE DE ROMA	298
ROBERTA GAZOLLA FERRARESE SARA ROESLER DARLLAN FABIANI DA SILVA SANTOS	ACESSIBILIDADE EM BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS	301
ROBERTA GRENDENE LUIZ GILBERTO JÚNIOR MATEUS ZAGONEL	ERECHIM: O DESPERTAR DA CONSCIENTIZAÇÃO	306
Ciência da Computação		
LEONARDO BLANGER MARCOS LIMA	DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A PREDICTIVE MODEL FOR CLASSIFICATION OF POTENTIALLY CANCEROUS CELLS USING NEURAL NETWORKS	312
LEONARDO BLANGER MARCOS LIMA	DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A PREDICTIVE MODEL FOR FRAUD DETECTION IN CREDIT CARD TRANSACTIONS USING NEURAL NETWORKS	318
MARCOS VINICIUS DE MOURA LIMA LEONARDO BLANGER FABIO ASTURIAN ZANIN PAULO RICARDO RODEGHERI	UM CHATTERBOT PARA AUXILIAR ESTUDANTES NA DISCIPLINA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	324

Ciências Contábeis		
ANGÉLICA FERRARI ALDECIR JOSE THEODORO GÉSSICA STODULSKI IDIONIR SCALABRIN EDSON LUIS KAMMLER VALMOR VANCIN	ADMINISTRAÇÃO FINANCEIRA: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO SOBRE A ESTRUTURAÇÃO FINANCEIRA EMPRESARIAL	331
ANGÉLICA FERRARI ALDECIR JOSE THEODORO IDIONIR SCALABRIN RODRIGO ANDRÉ CECHETT	PLANEJAMENTO EMPRESARIAL: UMA ANÁLISE DA ESTRUTURAÇÃO DO ORÇAMENTO DE PRODUÇÃO E VENDAS	337
GÉSSICA STODULSKI ANGÉLICA FERRARI ALDECIR JOSÉ THEODORO IDIONIR SCALABRIN EDSON LUIS KAMMLER VALMOR VANCIN	PLANEJAMENTO TRIBUTÁRIO: ESTUDO APLICADO ÀS ATIVIDADES INTELECTUAIS	343
JULIANA ROSSI GEMNICZAK PAULO ROBERTO GIOLLO LENISON MAROSO	CONTABILIDADE GERENCIAL PARA PEQUENAS EMPRESAS	349
VIVIAN SZLACHTA BORRÉ IDIONIR SCALABRIN	MODELO DE PRECIFICAÇÃO DE ATIVOS - CAPM PARA CÁLCULO DO CUSTO DE OPORTUNIDADE DO CAPITAL PRÓPRIO DAS AÇÕES ORDINÁRIAS DA NATU3 E LREN3	354
Direito		
BIANCA MOREIRA LITWIN GIANA LISA ZANARDO SARTORI JÚLIA MARA MACHADO DA SILVA DA VEIGA MARIA CRISTINA ODY	O ESTADO CONSTITUCIONAL BRASILEIRO E SUA GESTÃO EM RELAÇÃO AOS PSICOPATAS CRIMINOSOS: INSPIRAÇÃO EM OUTROS PAÍSES	361
CAROLINE ISABELA CAPELESSO CENI GIANA LISA ZANARDO SARTORI VERA MARIA CALEGARI DETONI	MEDIAÇÃO COMO INSTRUMENTO INOVADOR DE GESTÃO NO TRATAMENTO DOS CONFLITOS SOCIAIS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	367
SIMONE GASPERIN DE ALBUQUERQUE SAMANTA CALEGARI	TRADE DRESS: A CONCORRÊNCIA DESLEAL COMO FORMA DE PROTEÇÃO NO DIREITO BRASILEIRO	371
Engenharia Agrícola		
AMANDA AVOZANI WILLIAN JAIR KUHN RAQUEL PAULA LORENSI JARDES BRAGAGNOLO MATEUS DALLA VECCHIA ANDERSON JACOB ALBERTI GLEISON YURI DIAS	AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POR MEIO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL	377
AMANDA AVOZANI RAQUEL PAULA LORENSI MATEUS DA SILVA RAQUEL PAULA LORENSI SERGIO HENRIQUE MOSELE LEANDRO DE MELLO PINTO	AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE MUDAS DE ERVA-MATE SOB DIFERENTES TAXAS DE REPOSIÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO	383
ARIEL PAULO NAVA LEANDRO DE MELLO PINTO	DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO PARA O GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS	389

LEANDRO DE MELLO PINTO ADROALDO DIAS ROBAINA MÁRCIA XAVIER PEITER	MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA A OBTENÇÃO DA ALTIMETRIA DO TERRENO	394
RAQUEL PAULA LORENSI FERNANDA FÁTIMA MAY VANDERLEI SECRETTI DECIAN AMANDA AVOZANI JULIO CESAR BRANCHER	PEDIDO DE OUTORGA PARA AS ATIVIDADES DE HORTICULTURA, FRUTICULTURA E PULVERIZAÇÃO NO CAMPUS II DA URI ERECHIM, RS	400
RAQUEL PAULA LORENSI GLEISON YURI DIAS SÉRGIO HENRIQUE MOSELE AMANDA AVOZANI LEANDRO DE MELLO PINTO	AVALIAÇÃO ECONÔMICA NO MÉTODO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL NO SISTEMA FIXO E MÓVEL	406
TÁSSIA CARLA CONFORTIN IZELMAR TODERO JULIANA FERREIRA SOARES THIARLES BRUN LUCIANA LUFT JÉSSICA EMILIA RABUSKE MÁRCIO ANTÔNIO MAZUTTI MARCUS VINÍCIUS TRES	AÇÃO FUNGICIDA DA FOLHA DE LUPINUS ALBESCENS OBTIDOS A PARTIR DE CO2 SUPERCRÍTICOS E GLP PRESSURIZADO	412
TEILOR TIAGO ZELIK JARDES BRAGAGNOLO MATEUS DALLA VECCHIA ANTONIO SERGIO DO AMARAL RAQUEL PAULA LORENSI PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA VITOR CAUDURO GIRARDELLO HUGO VON LINSINGEN PIAZZETTA WILLIAN JAIR KUHN	PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA CULTIVADA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO CONSOLIDADO E SOLO ESCARIFICADO	416
TEILOR TIAGO ZELIK CECILIA PICININ JARDES BRAGAGNOLO RAQUEL PAULA LORENSI ANTONIO SERGIO DO AMARAL PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA LUAM JOSÉ BAMPI JAKSON ALEXANDRE MAY	QUALIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE CALDA POR PULVERIZADORES AGRÍCOLAS DE BARRAS	422
WILLIAN AVOZANI LEANDRO DE MELLO PINTO JULIO CEZAR BRANCHER RICARDO ARPINI SOUZA DAIANA MERI TONIAL MARCON	ANÁLISE DO HISTÓRICO DE FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA UNIDADE ARMAZENADORA DE GRÃOS EM HORÁRIO DE PONTA	426

Engenharia Civil		
ALAN JUNIOR SILVESTRO GIAN MARCELO GAIO DAIANE DE SENA BRISOTTO GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO NA RESISTÊNCIA DE PRISMAS DE BLOCOS ESTRUTURAIS CERÂMICOS E DE CONCRETO	431
ALESSANDER MARTINS RECK DAIANE DE SENA BRISOTTO	OTIMIZAÇÃO DE TRELIÇAS METÁLICAS ATRAVÉS DA FERRAMENTA SOLVER	437
ALISSON HIAN GERNHARDT GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR PÓ DE SERRA EM BLOCOS DE CONCRETO COM FUNÇÃO DE ALVENARIA NÃO ESTRUTURAL	442
ALISSON JEREMIAS LIOTTO DARCI LUIZ KUIAWINSKI	PROPOSTA DE MELHORIA NA GESTÃO DE PROJETOS, DE UM ESCRITÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL ATRAVÉS DA METODOLOGIA PMBOK	448
ARINE PAULA LÜDKE CRISTINA VITORINO DA SILVA	VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DE PAINÉIS DE FECHAMENTO LEVES QUANDO SUBMETIDOS AO ENSAIO DE RESISTÊNCIA AOS IMPACTOS DE CORPO MOLE	453
BEATRIZ SCHIMELFENIG NATALIA SMANIOTTO BACH FRANCINE PADILHA CRISTINA VITORINO DA SILVA	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TEOR DE SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO CONVENCIONAL POR RESÍDUO DE BLOCOS CERÂMICOS, NA DUREZA SUPERFICIAL DE CONCRETOS EMPR	459
BEATRIZ SCHIMELFENIG JANAINE MARIA GOLFETTO FRANCINE PADILHA CRISTINA VITORINO DA SILVA	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO EM CONCRETOS PARA PISOS INDUSTRIAIS	465
BRUNO MARANGONI ALESSANDRA ZALESKI SUELEN CRISTINA VANZETTO	ESTUDO DE DOSAGEM PARA INCORPORAÇÃO DE LODO DE ETE EM MATRIZ DE CONCRETO, COMO FORMA DE DISPOSIÇÃO FINAL.	471
BRUNO MARANGONI ALESSANDRA ZALESKI SUELEN CRISTINA VANZETTO	ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE EFLUENTE INDUSTRIAL COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO DO CONCRETO	478
CASSIANE FINATTO ALESSANDRA ZALESKI BRUNO MARANGONI SUELEN CRISTINA VANZETTO	AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)	483
CLAUDIO LUIZ POMPERMAIER GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	ANÁLISE COMPARATIVA DE DEFLEXÕES E TENSÕES EM VIGAS DE AÇO SUBMETIDAS A FLEXÃO SEGUNDO O MODELO DE EULER-BERNOULLI E UM ELEMENTO FINITO TRIDIMENSIONAL	488
DAIANE GASPARETTO BEATRIZ SCHIMELFENIG FRANCINE PADILHA CRISTINA VITORINO DA SILVA	ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TEOR DE SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR RESÍDUO CERÂMICO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS PARA PISOS INDUST	494
DIOICE SCHOVANZ BRUNA DA SILVA RODRIGO ANDRÉ KLAMT	ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO PARALELEPÍPEDO QUANTO AO RUÍDO CAUSADO PELA INTERAÇÃO PNEU/PAVIMENTO	499

ELIANE SEVERO ANDERSON PECCIN DA SILVA JOSÉ LUÍS RODRIGUEZ BROCHERO	AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CORROSÃO DE ELEMENTOS DE AÇO ENTERRADOS EM UM SOLO CARACTERÍSTICO DA REGIÃO DE ERECHIM	505
EMANUELA LETÍCIA PANSERA GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	EXECUÇÃO DE SERVIÇO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM CONSTRUÇÕES DA CIDADE DE ERECHIM-RS	511
FABIANA CAROLINE FAVERO FRANCINE PADILHA CRISTIANO ZORDAN CHIOCHETTA SUELEN CRISTINA VANZETTO	ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR RESÍDUO DE GESSO EM CONCRETO NÃO ESTRUTURAL	517
FÁBIO ADRIANO HOFFMANN DARCI LUIZ KUIAWINSKI	VANTAGENS E DESVANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO 4D EM PROJETOS DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA	522
FERNANDA DE MARCO MAIARA GIACOMINI TUANI ZAT WILLIAM WIDMAR CADORE	ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DA PEDRA AMETISTA NA PRODUÇÃO DE ARTEFATOS DE CONCRETO	527
FERNANDO CANTONI LEANDRO DE MELLO PINTO VANESSA FÁTIMA ALVES NADINE CARLA DIAS	NIVELAMENTO DE DOIS TRECHOS RODOVIÁRIOS COMPARANDO O USO DE NÍVEL ÓPTICO E ESTAÇÃO TOTAL, DE ACORDO COM AS NORMAS DO DNIT	532
FRANCINE PADILHA BEATRIZ SCHIMELFENIG CRISTINA VITORINO DA SILVA	ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO USO DE ENDURECEDOR CIMENTÍCIO NA DUREZA SUPERFICIAL DE CONCRETOS PARA PISOS	537
GIAN CARLOS CARDOZO MARCOS PAULO CIELO	ANÁLISE DE CUSTOS DO SISTEMA DE CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE ARMADURA NO CANTEIRO DE OBRA COMPARADO COM O PROCESSO INDUSTRIAL	543
GIAN MARCELO GAIO ALAN JUNIOR SILVESTRO GILSON FRANCISCO PAZ SOARES DAIANE DE SENA BRISOTTO	ANÁLISE COMPARATIVA DA INFLUÊNCIA DO TRAÇO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PRISMAS DE BLOCOS ESTRUTURAIS CERÂMICOS E DE CONCRETO	549
GILSON FRANCISCO PAZ SOARES GIOVANI JORDI BRUSCHI	A FINITE ELEMENT METHOD ANALYSIS ON STRESS AND RESISTANCE COMPORTMENT OF SLOPES IN MULTIFARIOUS SOIL ARCHETYPES	555
GILSON FRANCISCO PAZ SOARES GIOVANI JORDI BRUSCHI	SLOPE DECLIVITY IMPACT: AN ARITHMETICAL COMPUTERIZED EVALUATION ON DISTINCT SOIL SAMPLES	561
GIOVANI JORDI BRUSCHI PAULO ROBERTO DUTRA GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	ANÁLISE NUMÉRICA EXPRESSIVA SOB A ÓTICA INFLUENCIAL DA ESPESSURA DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO EM PRISMAS E PEQUENAS PAREDES NO BRIO MECÂNICO DA ALVENARIA ESTRUTURAL	567
HIGOR VINÍCIUS STRAPASSON GIOVANI JORDI BRUSCHI LEVINO BERTOCHI JUNIOR GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	CLIMACTERIC ANALYSIS ON GYPSUM SYSTEMATIC ALLOCATION IN SOILS: IMPLICATIONS AND CHALLENGES	573

HIGOR VINÍCIUS STRAPASSON GIOVANI JORDI BRUSCHI LEVINO BERTOCHI JUNIOR GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	HOW CAN SUSTAINABILITY ASSIST GEOTHERMAL ENERGY? A LITERATURE REVIEW PERSPECTIVE WEIGHTED ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOCUSED BY THE IMPACTS OF SOIL TYPES	578
JOÃO ALBERTO CECHETTI BEATRIZ SCHIMELFENIG FRANCINE PADILHA CRISTINA VITORINO DA SILVA	ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO GESSO RECICLADO PARA EMPREGO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	583
JULIO CESAR LUPPI DAIANE DE SENA BRISOTTO	IDÊNTIFICAÇÃO DAS INCOMPATIBILIDADES ENTRE PROJETOS E SUA INFLUÊNCIA NA EXECUÇÃO - ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS	589
MARCELO GUELBERT MELCHIOR GONÇALVES MOREIRA DA SILVA TANATIANA FERREIRA GUELBERT	INOVAÇÃO INCREMENTAL NA SEGURANÇA DO TRABALHO EM ALTURA EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR: UM ESTUDO DE CASO	595
MATHEUS LUIZ POLIPPO LEANDRO DE MELLO PINTO VANESSA FÁTIMA ALVES NADINE CARLA DIAS	EVOLUÇÃO E ANÁLISE DOS EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS ALIADOS ÀS MELHORIAS NA LOCAÇÃO DE OBRAS	601
PÂMELA DREWS CRISTINA VITORINO DA SILVA	UTILIZAÇÃO DA CINZA DE LODO DE ESGOTO COMO REDUTOR DE CLÍNQUER E AGREGADOS NA PASTA DE ARGAMASSA	607
PÂMELA DREWS MARCO ANTONIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA	PATOLOGIAS PROVENIENTES DA UMIDADE EM EDIFICAÇÕES	613
PAULO ROBERTO DUTRA GIOVANI JORDI BRUSCHI GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE A INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PRISMAS DE BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS	618
PAULO ROBERTO DUTRA GIOVANI JORDI BRUSCHI GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS APLICADO À ANÁLISE DE ESTRUTURAS ISOSTÁTICAS SIMPLES	624
PRISCILA ONGARATTO TRENTIN CRISTINA VITORINO DA SILVA FELIPE RODRIGUES JOCASTA MANICA KAUANA PAULA CARUS	AVALIAÇÃO DE FORMAS DE UNIÃO ENTRE CONCRETOS DE DIFERENTES IDADES	630
RENAN BARROS RIBEIRO ALESSANDRA ZALESKI BRUNO MARANGONI SUELEN CRISTINA VANZETTO	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE CINZA VOLANTE DE TERMELÉTRICA COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO EM PISOS INTERTRAVADOS (PAVERS)	636
RENAN SCAPINELLO	ANÁLISE DE AÇÕES HORIZONTAIS EM UM EDIFÍCIO SIMÉTRICO DE ALVENARIA ESTRUTURAL: ASSOCIAÇÃO PLANA DE PAINÉIS COM E SEM A CONSIDERAÇÃO DE TRECHOS RÍGIDOS	642
RODRIGO PADILHA DOS SANTOS CRISTINA VITORINO DA SILVA	REVESTIMENTO CERÂMICO: ANÁLISES PARA ESPECIFICAÇÃO DE ACORDO COM A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575/2013	648

SABRINA PALOMA BONFANTI BOTTEGA ALESSANDRA ZALESKI BRUNO MARANGONI SUELEN CRISTINA VANZETTO	ANÁLISE DOS EFEITOS DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DE VIDRO MOÍDO NO CONCRETO CONVENCIONAL	654
TUANI ZAT FERNANDA DE MARCO WILLIAM WIDMAR CADORE	PERSPECTIVAS DE DURABILIDADE EM ESTRUTURAS DE CONCRETO COM REJEITO DE PEDRA AMETISTA	658
VINÍCIUS ANDRÉ TOCHETTO NATÁLIA SMANIOTTO BACH DAIANE BRISOTTO	ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL COM ADIÇÃO DE FIBRAS PET QUANDO SUBMETIDO A ELEVADAS TEMPERATURAS	664
WILLIAM WIDMAR CADORE MARIANA BANDIEIRA TUANI ZAT	DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO REGIONAL: PRODUÇÃO DE CONCRETOS COM O USO DE REJEITO DE PEDRA AMETISTA	670
Engenharia de Alimentos		
ALANA MARIE DE CEZARO ALINE ANDRESSA RIGO JANINE MARTINAZZO DANIELA KUNKEL MUENCHEN ALEXANDRA MANZOLI DANIEL SOUZA CORRÊA CLARICE STEFFENS JULIANA STEFFENS	DESENVOLVIMENTO DE NANOIMUNOSSENSOR DE CANTILEVER PARA DETECÇÃO DE β-ESTRADIOL EM ÁGUA	677
ALANA MARIE DE CEZARO ALINE ANDRESSA RIGO JULIANA STEFFENS CLARICE STEFFENS JANINE MARTINAZZO ALEXANDRA NAVA BREZOLIN DANIELA KUNKEL MUENCHEN LUCÉLIA HOEHNE	DETECÇÃO DE CHUMBO EM ÁGUA COM NANOBIOSSENSOR DE CANTILEVER	682
ALEXANDRA MANZOLI ALANA MARIE DE CEZARO ALINE ANDRESSA RIGO DANIELA KUNKEL MUENCHEN JANINE MARTINAZZO FLAVIO MAKOTO SHIMIZU CLARICE STEFFENS JULIANA STEFFENS	DETERMINAÇÃO DE CAFEÍNA COM BIOSSENSOR DE CANTILEVER EM MEIO LÍQUIDO	687
SANDRA CRISTINA BALLEN ADRIANA MARCIA GRABOSKI ELISIANE GALVAGNI ALEXANDRA MANZOLI JULIANA STEFFENS CLARICE STEFFENS	APLICAÇÃO DE NARIZ ELETRÔNICO PARA O MONITORAMENTO DA LIBERAÇÃO DE VOLÁTEIS EM BALAS DE GOMA COM AROMA ARTIFICIAL DE UVA DURANTE SEU ARMAZENAMENTO	691

AMANDA STAUDT JÚLIA LISBOA BERNARDI ROGÉRIO LUIS CANSIAN ROGÉRIO MARCOS DALLAGO ALEXANDER JUNGES NATÁLIA PAROUL DÉBORA DE OLIVEIRA JOSÉ VLADIMIR DE OLIVEIRA	AVALIAÇÃO DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (CYMBOPOGON WINTERIANUS) E TOXICIDADE ANTES E APÓS ESTERIFICAÇÃO	696
AMANDA STAUDT ROGÉRIO MARCOS DALLAGO ALEXANDER JUNGES NATÁLIA PAROUL DÉBORA DE OLIVEIRA JOSÉ VLADIMIR DE OLIVEIRA	ESTUDO REACIONAL DE ESTERIFICAÇÃO ENZIMÁTICA DE ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (CYMBOPOGON WINTERIANUS) COM ÁCIDO CINÂMICO	701
AMITO JOSÉ TEIXEIRA ROGÉRIO LUIS CANSIAN GECIANE TONIAZZO BACKES ANTONIO SERGIO DO AMARAL JARDES BRAGAGNOLO PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA VANDERLEI CARLOS VEIGEL JAKSON ALEXANDRE MAY LUAM JOSÉ BAMPI TAILAN ANTONIO OGIMBOVSKI	AVALIAÇÃO BROMATOLÓGICA DA CASCA ARROZ SUBMETIDA A TRATAMENTO COM CELULASE COMERCIAL	706
AMITO JOSÉ TEIXEIRA ROGÉRIO LUIS CANSIAN GECIANE TONIAZZO BACKES ANTONIO SERGIO DO AMARAL JARDES BRAGAGNOLO PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA VANDERLEI CARLOS VEIGEL JAKSON ALEXANDRE MAY LUAM JOSÉ BAMPI TAILAN ANTONIO OGIMBOVSKI	APLICAÇÃO DE CELULASES NA HIDRÓLISE DE CASCA DE ARROZ SUBMETIDA A MOAGEM E TRATAMENTO ALCALINO	712
ANDRÉIA DALLA ROSA GECIANE TONIAZZO BACKES EUNICE VALDUGA ROGÉRIO LUIS CANSIAN ELTON FRANCESCHI	BIOATIVIDADE DE EXTRATOS DE FOLHA DE OLIVEIRA (OLEA EUROPEAE) EXTRAÍDOS COM SOLVENTE LÍQUIDO PRESSURIZADO.	718
ANDRÉIA DALLA ROSA GECIANE TONIAZZO BACKES EUNICE VALDUGA ELTON FRANCESCHI MARCOS LÚCIO CORAZZA	MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO COM LÍQUIDO PRESSURIZADO DE FOLHA DE OLIVEIRA (OLEA EUROPEAE).	723
ANDRESSA ARBOIT FRITZEN RAFAELA STEFFENS CLARICE STEFFENS JULIANA BARBOSA JULIANA STEFFENS GECIANETONIAZZO BACKES JULIO CESAR BRANCHER	APLICAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO EM UMA AGROINDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO	729

ANGELA ANTUNES ALINE MATUELLA MOREIRA FICANHA MATEUS BOPSIN ELEN MENON MARCELO MIGNONI ROGÉRIO MARCOS DALLAGO	USO DE DIFERENTES LIQUIDOS IÔNICOS NA ATIVIDADE DE ESTERIFICAÇÃO E RENDIMENTO DA IMOBILIZAÇÃO DE CALB EM XEROGEL	733
ANGELA ANTUNES ALINE MATUELLA MOREIRA FICANHA CÁTIA SANTIN ZANCHETTI BATTISTON MATEUS BOPSIN ELEN MENON MARCELO MIGNONI ROGÉRIO DALLAGO	ESTABILIDADE DE ARMAZENAGEM, OPERACIONAL E TÉRMICA DE LIPASE IMOBILIZADA PELA TÉCNICA SOL-GEL COM USO DE DIFERENTES LIQUIDOS IÔNICOS COMO ADITIVOS	737
BRUNA MARIA SAORIN PUTON TUANY CAMILA HONAISER CAROLINA ELISA DEMAMAN ORO MARCELO LUIS MIGNONI NATALIA PAROUL DÉBORA DE OLIVEIRA JOSÉ VLADIMIR DE OLIVEIRA	ESTUDO DA ESTABILIDADE OPERACIONAL DA ENZIMA NS-40116 IMOBILIZADA PELA TÉCNICA SOL-GEL COM DIFERENTES CATALISADORES	743
BRUNA MARIA SAORIN PUTON RAÍZA DE ALMEIDA MESQUITA GUILHERME DE SOUZA HASSEMER ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES JAMILE ZENI ROGÉRIO CANSIAN	PERFIL DE VISCOSIDADE DE DIFERENTES SOLUÇÕES DE GOMA XANTANA	748
BRUNO EDUARDO KOZERSKI GIARETTON JANINE MARTINAZZO ALEXANDRA NAVA BREZOLIN ALANA MARIE DE CEZARO ALINE ANDRESSA RIGO DANIELA KUNKEL MUENCHEN ALEXANDRA MANZOLI ARI LUIZ NAVA CLARICE STEFFENS JULIANA STEFFENS MARIA CAROLINA BLASSIOLI-MORAES	CARACTERIZAÇÃO POR UV-VIS E DRX DA SÍNTESE INTERFACIAL DE POLIANILINA	751
BRUNO FISCHER DIEGO MAROSO DA SILVA JANAINE FERREIRA JULIANA BARBOSA NATALIA PAROUL ALEXANDER JUNGES ROGÉRIO LUIS CANSIAN GECIANE TONIAZZO BACKES	CINÉTICA DE INATIVAÇÃO E DETERMINAÇÃO DA RAZÃO LETAL DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS EM SALMÃO COM DIÓXIDO DE CARBONO SUPERCRÍTICO	756
BRUNO FISCHER MAIARA CRISTINA SECCO ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES ALEXANDERJUNGES NATALIA PAROUL	EXTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS DE RESÍDUO DE MIRTILO (VACCINIUM SP) COM METANOL PRESSURIZADO	762

CAMILA CARLA KRIGUER RAFAELA NERY DE MELO CRISTIAN BOCALON JAMILE ZENI ROGÉRIO LUIS CANSIAN EUNICE VALDUGA ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES MAURÍCIO MOURA DA SILVEIRA IVANA LEAL	PRODUÇÃO DE LACTASE EM FERMENTAÇÃO SUBMERSA	767
CAROLINA ELISA DEMAMAN ORO ILOIR GAIO ADRIANA MÁRCIA GRABOSKI ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES ROGÉRIO MARCOS DALLAGO EUNICE VALDUGA AGENOR FURIGO JR.	EFEITO DO TRATAMENTO COM GLP PRESSURIZADO NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE PECTINAMETILESTERASE IMOBILIZADA EM SUPORTE DE POLIUTRETANO	773
CAROLINA ELISA DEMAMAN ORO ILOIR GAIO ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES ROGÉRIO MARCOS DALLAGO EUNICE VALDUGA AGENOR FURIGO JR.	ESTUDO DA ESTABILIDADE OPERACIONAL (RECICLOS) DE PECTINASES COMERCIAIS IMOBILIZADAS EM SUPORTE DE GELATINA-ALGINATO	778
CAROLINE CHIES POLINA KELI CRISTINA CANTELLI JULIANA STEFFENS CLARICE STEFFENS MERCEDES CONCÓRDIA CARRÃO PANIZZI	CARACTERIZAÇÃO E RENDIMENTO DE BROTOS DE SOJA DA CULTIVAR BRS 216 E GENÓTIPO A	782
CAROLINE CHIES POLINA ROBERTO VERLINDO ROSA CRISTINA PRESTES DORNELLES ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES BRUNA MARIA SAORIN PUTON ALEXANDER JUNGES GECIANE TONIAZZO BACKES ROGÉRIO LUIS CANSIAN	DETERMINAÇÃO DO PONTO FRIO DE TANQUE DE COZIMENTO DE PRESUNTO COM SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DA ÁGUA POR CONVECÇÃO NATURAL E FORÇADA	787
DANIELE BERGMEIER DANUSA MUNARI FERENZ LUIZA PIETA VALERIA BORSZCZ	AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE CÁLCIO NA FORMAÇÃO DE PELÍCULA RÍGIDA NA PAREDE CELULAR EM AMOSTRAS DE ABÓBORA	793
DANIELE HAMANN KELLI FÁTIMA TONKIEL CRISTIANE MICHELE MARCHESI JAMILE ZENI NATALIA PAROUL GECIANE TONIAZZO BACKES ROGÉRIO LUIS CANSIAN	RASTREABILIDADE DE LISTERIA MONOCYTOGENES E SALMONELLA SP. EM INDÚSTRIA DE ALIMENTOS CÁRNEOS	799

DANIELE HAMANN ALEXANDRE MATTHIENSEN KELLI FÁTIMA TONKIEL STEFANY DE OLIVEIRA MEIRELLES CRISTIANE MICHELE MARCHESI JULIANO HAWRYLUK NATALIA PAROUL GECIANE TONIAZZO BACKES ROGÉRIO LUIS CANSIAN	ADESÃO DE LISTERIA MONOCYTOGENES E REMOÇÃO DE BIOFILMES EM AGULHAS DE INJEÇÃO DE SALMOURA INDUSTRIAL	803
ELISIANE GALVAGNI ADRIANA MARCIA GRABOSKI SANDRA CRISTINA BALLEN ALEXANDRA MANZOLI JULIANA STEFFENS CLARICE STEFFENS	FILMES DE PANI/PSS CARACTERIZADAS POR ESPECTROSCOPIA NO ULTRAVIOLETA – VISÍVEL	809
ELISIANE GALVAGNI ADRIANA MARCIA GRABOSKI SANDRA CRISTINA BALLEN ALEXANDRA MANZOLI CLAUDIO AUGUSTO ZAKRZEVSKI JULIANA STEFFENS CLARICE STEFFENS FLAVIO MAKOTO SHIMIZU	RESPOSTA DOS SENSORES DE GASES COM FILME DE PANI APLICADOS NA DETECÇÃO DE VOLÁTEIS DE BALA DE GOMA DURANTE A ARMAZENAMENTO	814
EMANUELA PEGORARO ADRIELI THAYS DE OLIVEIRA CÉSAR TAMALUSKI ELIANE POLITOWSKI JAÍNE BAMPI GECIANE TONIAZZO BACKES JAMILE ZENI SÉRGIO HENRIQUE MOSELE EUNICE VALDUGA	ELABORAÇÃO DE KEFIR COM ADIÇÃO DE CASACA DE UVA E STEVIA E AVALIAÇÃO DA ACEITABILIDADE E DA VIABILIDADE ECONÔMICA	818
EMANUELA PEGORARO KELLI FÁTIMA TONKIEL DANIELE HAMANN IVANA KARINE AVER JAMILE ZENI NATALIA PAROUL GECIANE TONIAZZO ROGÉRIO LUIS CANSIAN	EFEITO DA HIGIENIZAÇÃO PRÉVIA DE AGULHAS DE INJEÇÃO DE SALMOURA COM DETERGENTES ALCALINO E ÁCIDO NA REMOÇÃO DE BIOFILMES DE LISTERIA MONOCYTOGENES COM	824

GIULIA RODRIGUES BARETA GREICE KELLY ALVES ALICE TERESA VALDUGA THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA CILDA PICCOLI GHISLENI CLARICE STEFFENS GLÊNIO LUIS DE VASCONCELLOS RIGONI GECIANE TONIAZZO BACKES ALEXANDER JUNGES	PROCESSOS DE RADIAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS: UMA BREVE REVISÃO	828
GLACIELA CRISTINA RODRIGUES DA SILVA SCHERER TUANY CAMILA HONAISER DÉBORA DE OLIVEIRA JOSÉ VLADIMIR DE OLIVEIRA MARCELO LUIS MIGNONI NATÁLIA PAROUL	AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE HIDRÓLISE E ESTERIFICAÇÃO DA ENZIMA NS-40116 LIVRE E IMOBILIZADA PELA TÉCNICA SOL-GEL	834
GLACIELA CRISTINA RODRIGUES DA SILVA SCHERER NADIA LIGIANARA DEWIS NYARI TUANY CAMILA HONAISER ELTON LUIS HILLESHEIM ALESSANDRO ROGERIO PAULAZZI MARCELO LUIS MIGNONI JAMILE ZENI	ESTUDO DA SÍNTESE DO MATERIAL MESOPOROSO DO TIPO MCM-48 COM A UTILIZAÇÃO DE LIQUIDO IÔNICO COMO DIRECIONADOR DE ESTRUTURA	838
GREICE KELLY ALVES GIULIA RODRIGUES BARETA ALICE TERESA VALDUGA THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER PAULO SÉRGIO GOMES DA ROCHA CILDA P. GHISLENI CLARICE STEFFENS GLÊNIO L. VASCONCELLOS RIGONI GECIANETONIAZZOBACKES ALEXANDER JUNGES	DESIDRATAÇÃO DE ALIMENTOS: UMA BREVE INTRODUÇÃO	842
GUILHERME SABADIN PIVA ELIZANDRO VEDOVATTO CLARICE STEFFENS ROGÉRIO LUIS CANSIAN	AVALIAÇÃO DE NITRITO E NITRATO NA PRODUÇÃO DE SALAME TIPO ITALIANO ELABORADO COM DIFERENTES CULTURAS STARTER E SUBSTRATOS	848
GUILHERME SABADIN PIVA CLARICE STEFFENS ROGÉRIO LUIS CANSIAN NATALIA PAROUL THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER ELTON FRANCESCHI	MODELING OF FLAXSEED (LINNUM USITATISSIMUM) OIL USING SUBCRITICAL PROPANE	854

ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES WILLIAN EDUARDO TRENTIN DANIELI BUCIOR EVELIN GARIBOTTI MODZELEWSKI CAROLINE CHIES POLINA CINTIA MARCINIAK BRUNA MARIA SAORIN PUTON CAROLINA ELISA DEMAMAN ORO SIDIANE ILTCHENCO JULIANA STEFFENS EUNICE VALDUGA	INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA CONCENTRAÇÃO E NO FLUXO PERMEADO DA MEMBRANA DE ULTRAFILTRAÇÃO	860
ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES CAROLINA ELISA DEMAMAN ORO BRUNA MARIA SAORIN PUTON ANDRESSA TRENTIN JULIANA STEFFENS GECIANE TONIAZZO BACKES	AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE POLPA DE TOMATE EM EVAPORADOR	865
JANINE MARTINAZZO ALEXANDRA NAVA BREZOLIN ALANA MARIE DE CEZARO ALINE ANDRESSA RIGO DANIELA KUNKEL MUENCHEN ALEXANDRA MANZOLI CLARICE STEFFENS JULIANA STEFFENS FÁBIO DE LIMA LEITE	CARACTERIZAÇÃO POR PM-IRRAS DE NANOBIOSSENSOR DE CANTILEVER FUNCIONALIZADO COM SAM (SELF-ASSEMBLED MONOLAYERS)	876
JANINE MARTINAZZO JANINE MARTINAZZO ALEXANDRA NAVA BREZOLIN ALANA MARIE DE CEZARO ALINE ANDRESSA RIGO DANIELA KUNKEL MUENCHEN ALEXANDRA MANZOLI CLARICE STEFFENS JULIANA STEFFENS FÁBIO DE LIMA LEITE RUBENS BERNARDES FILHO	TOPOGRAFIA E ESPESSURA DA CAMADA SENSORA DE CANTILEVER FUNCIONALIZADO COM EXTRATO ENZIMÁTICO DE TIROSINASE	871
JEAN CARLO RAUSCHKOLB	REVESTIMENTO À BASE DE GELATINA APLICADA NA CONSERVAÇÃO DE MAMÃO FORMOSA MINIMAMENTE PROCESSADO	880
JEAN CARLO RAUSCHKOLB ALISSON EDUARDO RICHETTI PRISCILA MAYARA WUST RENAN BRUNO DAL CERO	ELABORAÇÃO, AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E SENSORIAL DE EXTRATO DE PIMENTÃO (CAPSICUM ANNUUM L.)	886
JULIANA STEFFENS MARSHALL PALIGA TAÍSA RENATA PIOTROSKI BOSCATO ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES CLARICE STEFFENS	ESTUDO CINÉTICO DA SECAGEM DE DUAS VARIEDADES DE ABACAXI UTILIZANDO OS MÉTODOS DE ESTUFA E LIOFILIZAÇÃO	890

JULIANA STEFFENS SANDRA CRISTINA BALLEN RAFAELA T. B. DELLAGOSTIN CRISTIAN BOCALON ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES CLARICE STEFFENS	SECAGEM DE MAMÃO PAPAYA E FORMOSA EM ESTUFA E EM LIOFILIZADOR	896
KARINE ANGÉLICA DALLA COSTA TATIANE BERTELLA ROGÉRIO LUIS CANSIAN ROGÉRIO MARCOS DALLAGO JAMILE ZENI NATALIA PAROUL	SÍNTESE, PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES E TOXICICIDADE DE ASCORBIL OLEATO	901
KARINE DALLA COSTA TATIANE BERTELLA GABRIELA BASTOS BRUNA MARIA SAORIN PUTON ROGÉRIO LUIS CANSIAN ROGÉRIO MARCOS DALLAGO JAMILE ZENI NATALIA PAROUL DÉBORA DE OLIVEIRA JOSÉ VLADIMIR DE OLIVEIRA	SELEÇÃO DE PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM NA PRODUÇÃO DE VITAMINA C LIPOSSOLÚVEL	906
LETÍCIA CAROLINE FENSTERSEIFER SHANA PAULA SEGALA MIOTTO EVANDRO FICAGNA SIMONE BERTAZZO ROSSATO EUNICE VALDUGA ROGÉRIO LUIS CANSIAN	SELEÇÃO DE CULTURAS ´STARTER´ DE BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS PARA A INDÚSTRIA ENOLÓGICA	912
LETÍCIA CAROLINE FENSTERSEIFER SHANA PAULA SEGALA MIOTTO VALQUÍRIA RODRIGUES MIECIKOWSKI LUÍSA CIPRIANI ANA BEATRIZ PEIXOTO DE CAMARGOS PRISCILA KOPP MACHADO LUCIANO MANFROI	ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA DE VINHO TINTO COFERMENTADO PRODUZIDO COM AS UVAS TANNAT E CABERNET SAUVIGNON	916
LUANA GAYESKI ROSICLER COLET EUNICE VALDUGA	OTIMIZAÇÃO DA BIOPRODUÇÃO DE PECTINASES TOTAIS POR ASPERGILLUS NIGER ATCC 9642 EM BIORREATOR COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	920
LUANA GAYESKI JANINE MARTINAZZO ALEXANDRA NAVA BREZOLIN ALANA MARIE DE CEZARO ALINE ANDRESSA RIGO DANIELA KUNKEL MUENCHEN ALEXANDRA MANZOLI ARI LUIZ NAVA CLARICE STEFFENS JULIANA STEFFENS	FUNCIONALIZAÇÃO ÁCIDA DE NANOTUBOS DE CARBONO DE PAREDES MÚLTIPLAS E CARACTERIZAÇÃO POR UV-VIS E DRX	925

LUDMILA NOSKOSKI SALAZAR TAILAN ANTÔNIO OGIMBOVSKI SILVÉRIO FORTUNATO GECIANE TONIAZZO BACKES ROGÉRIO LUIS CANSIAN	PARÂMETROS CINÉTICOS DAS ENZIMAS XILANASE, AVICELASE, CMCASE E FPASE OBTIDAS POR UM NOVO ISOLADO DE PENICILLIUM SP.	929
MARINA ANDREIA DE SOUZA BRUNO FISCHER RENAN DANIEL KRABBE NATALIA PAROUL GECIANE TONIAZZO BACKES ROGÉRIO LUIS CANSIAN CAROLINE FÁTIMA CASANOVA	INFLUÊNCIA DE CONDIÇÕES INADEQUADAS DE REFRIGERAÇÃO NO CRESCIMENTO DE SALMONELLA CHOLERAESUIS	934
MARINA ANDREIA DE SOUZA ROBERTO VERLINDO ROSA CRISTINA PRESTES DORNELLES ALEXANDER JUNGES HÉLIA VALÉRIO THIBES GECIANE TONIAZZO BACKES ROGÉRIO LUIS CANSIAN	AVALIAÇÃO DA CURVA DE LETALIDADE DE ENTEROCOCCUS FAECALIS EM PROCESSO DE COZIMENTO DE PRESUNTO COM CONVECÇÃO NATURAL E FORÇADA	938
NATÁLIA WOLOSZYN ANDRÉIA ZÍLIO DINON DARLENE CAVALHEIRO GEORGIA ANNE SEHN LUCÍOLA BAGATINI PAULO FAITÃO	AVALIAÇÃO DO PERFIL DE UMIDADE E TEXTURA DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN DURANTE O ARMAZENAMENTO	944
NATÁLIA WOLOSZYN MORGANA DE MARCO GILBERTO LUIZ PUTTI RODRIGO CAMARA MONTEIRO	AVALIAÇÃO DE TRÊS CULTIVARES DE PÊSSEGO EM DIFERENTES CICLOS DE FRUTIFICAÇÃO NA SERRA GAÚCHA	948
PALOMA TRUCCOLO REATO LETÍCIA URNAU FERNANDA BALDUS LUANA GAYESKI ROSICLER COLET CLARICE STEFFENS EUNICE VALDUGA JANAÍNA FERNANDES DE MEDEIROS BURKERT	CINÉTICA DE PRODUÇÃO DE CAROTENOIDES DE PHAFFIA RHODOZYMA Y-17268 EM BIORREATOR BATELADA SIMPLES	953
PALOMA TRUCCOLO REATO LETÍCIA URNAU FERNANDA BALDUS LUANA GAYESKI CLARICE STEFFENS EUNICE VALDUG	MAXIMIZAÇÃO DA BIOPRODUÇÃO DE CAROTENOIDES EM BIORREATOR ATRAVÉS DO CONTROLE DA AERAÇÃO E AGITAÇÃO	958
PATRÍCIA GRIEP JANAINE FERREIRA JULIANA STEFFENS MARIA TERESA MARTINS BORGES RUTH MARIA DE OLIVEIRA PEREIRA	REÚSO DE ÁGUA RESIDUAL EM PROCESSOS INDUSTRIAIS	963

RAFAELA NERY DE MELO FERNANDA MASCARELLO JAMILE ZENI ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES EUNICE VALDUGA GECIANE TONIAZZO BACKES MAURÍCIO MOURA DA SILVEIRA IVANA LEAL	CONCENTRAÇÃO DE POLIGALACTURONASE MICROBIANA POR POLÍMEROS NÃO-IÔNICOS	969
RAFAELA NERY DE MELO CRISTIAN BOCALON JAMILE ZENI ROGÉRIO LUIS CANSIAN EUNICE VALDUGA ILIZANDRA APARECIDA FERNANDES ALEXANDRA MANZOLI MAURÍCIO MOURA DA SILVEIRA IVANA LEAL	UTILIZAÇÃO DE SORO DE LEITE NA PRODUÇÃO EXTRACELULAR DE LACTASE	973
ROSICLER COLET LETÍCIA URNAU LUANA GAYESKI NAIANE SABEDOT MARCON EUNICE VALDUGA MARCO DI LUCCIO	CAROTENOIDES: PARÂMETROS ESTEQUIOMÉTRICOS DA PRODUÇÃO POR SPORIDIOBOLUS SALMONICOLOR CBS 2636 EM BIORREATOR, PROCESSO SEMICONTÍNUO COM MEIO COME	977
ROSICLER COLET RONEI DARIVA ILIZANDRA FERNANDES ALEXANDRA MANZOLI DANIELE BUCIOR GECIANE TONIAZZO BACKES EUNICE VALDUGA	ANÁLISE SESORIAL DE PÃO DE QUEIJO COM DIFERENTES AMIDOS NATIVOS E MODIFICADOS	982
THAIS COMIN ANGELA ANTUNES ALINE M. M. FICANHA LEONARDO MEIRELLES DA SILVA ROGÉRIO MARCOS DALLAGO ANDRESSA SARAIVA JAMILE ZENI IVANA CORREA RAMOS LEAL MAURICIO MOURA DA SILVA	AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE IMOBILIZAÇÃO DO XEROGEL USANDO TMOS COMO PRECURSOR E POLIETILENOGLICOL COMO ADITIVO DA SINTESE CATALITICA	987
THAIS COMIN ANGELA ANTUNES ALINE M. M. FICANHA LEONARDO MEIRELLES DA SILVA ROGÉRIO MARCOS DALLAGO ANDRESSA SARAIVA JAMILE ZENI IVANA CORREA RAMOS LEAL MAURICIO MOURA DA SILVA	ESTUDO DA ATIVIDADE OPERACIONAL (RECICLOS) DA CALB IMOBILIZADA IN SITU EM XEROGEL COM E SEM A ADIÇÃO DE POLIETILENOGLICOL	991
THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER MARLOVA ELISABETE BALKE CLARICE STEFFENS JULIANA STEFFENS MÓNICA BEATRIZ ALVARADO SOARES ALEXANDRE BATISTA DE JESUS SOARES	MODELAGEM MATEMÁTICA DA DESIDRATAÇÃO DE PESSEGO EM DIFERENTES PROCESSOS	995

THIAGO ANDRÉ WESCHENFELDER EMANUELE ELISA HERNANDES AGNES DE PAULA SCHEER	PERVAPORAÇÃO DE SOLUÇÕES DILUÍDAS DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DO AROMA DO CAFÉ: BENZALDEÍDO E ÁCIDO ACÉTICO	1001
VALERIA BORSZCZ TAÍSA RENATA PIOTROSKI BOSCATO MAURÍCIO MOURA DA SILVEIRA DENISE OLIVEIRA GUIMARÃES GECIANE TONIAZZO BACKES EUNICE VALDUGA	CINÉTICA DE BIOPRODUÇÃO DE PECTINASES POR ASPERGILLUS NIGER ATCC 9642 EM CULTIVO EM ESTADO SÓLIDO	1007
VALERIA BORSZCZ TAÍSA RENATA PIOTROSKI BOSCATO MAURÍCIO MOURA DA SILVEIRA MAURÍCIO MOURA DA SILVEIRA GECIANE TONIAZZO BACKES EUNICE VALDUGA	ESTABILIDADE DE PECTINASES PRODUZIDAS POR ASPERGILLUS NIGER ATCC 9642 EM CULTIVO EM ESTADO SÓLIDO	1012
WILLIAN EDUARDO TRENTIN PATRÍCIA DOS SANTOS JULIANA STEFFENS CLARICE STEFFENS	APERFEIÇOAMENTO DE BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO EM VEGETAIS E FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADOS	1016
Engenharia de Produção		
EDUARDO DE ALMEIDA CANABARRO CLEBER SERAFIM LOPES KÁSSIA RAQUEL DE ALMEIDA	ANÁLISE DA APLICABILIDADE DE UM MÉTODO DA PREVISÃO DA DEMANDA PARA UM PRODUTO DE UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	1021
FELIPE JUNIOR SGARBI KÁSSIA RAQUEL DE ALMEIDA MERIELEN FÁTIMA CARAMORI	APLICAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL EM UMA PEQUENA EMPRESA DE CONFECÇÕES EM ERECHIM-RS.	1027
JULIA MARIA BURIN ANDRESSA MARIA GIARETTON CLEBER SERAFIN LOPES	ANÁLISE DE TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE NUTRIÇÃO ANIMAL	1033
RAFAÉL MEZZALIRA CLEBER SERFIM LOPES	PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA 5S EM UMA MICRO CERVEJARIA ARTESANAL	1039
TAISE SYCHOCKI TAINARA VOLAN ALESSANDRA TAÍS DA COSTA CLEBER SERAFIN LOPES	ANÁLISE DE TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA	1045
TANATIANA FERREIRA GUELBERT ELOIZE VALARINI MARCELO GUELBERT	IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA KANBAN NO SETOR DE COMPRAS E ALMOXARIFADO EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR METAL MECÂNICO	1051
TANATIANA FERREIRA GUELBERT ANDRÉ STEFAN RONIX GILSON JUNIOR SCHIAVON	A INOVAÇÃO COMO VANTAGEM COMPETITIVA: UM ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA QUE ATUA NO SEGMENTO AUTOMOTIVO	1057

Engenharia Elétrica		
ADILSON LUÍS STANKIEWICZ ANDERSON JOSÉ BALBINO DEIVIDI ZAIONS CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	ESTUDO DE EFICIÊNCIA DO CONJUNTO CONVERSOR – MPTT UTILIZANDO AS TOPOLOGIAS BUCK E BOOST	1064
ADILSON LUÍS STANKIEWICZ DEIVIDI FELIPE ZAIONS CICERO JOSÉ MATUELLA MOREIRA CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	ESTUDO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO PARA PLATAFORMAS HIL DE BAIXO CUSTO	1070
AFONSO CARLOS HINKEL JÚNIOR LEANDRO BENHUR KLINGER FISCH CICERO JOSÉ MATUELLA MOREIRA	MODELAGEM MATEMÁTICA CAIXA BRANCA DO MÓDULO FOTOVOLTAICO KD140SX	1076
ALEX HENRIQUE MARASCA RENATO WEILLER DALLAGASPARINA AMAURI FAGUNDES BALOTIN	SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROLE PARA MEDICAMENTOS DE USO CONTÍNUO	1081
ANDERSON JOSÉ BALBINO CÁSSIO LUCIANO BARATIERI CÍCERO MATUELLA MOREIRA ADILSON LUÍS STANKIEWICZ	ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE PROCESSAMENTO DE ENERGIA APLICADO À SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS	1087
ANDERSON QUEIROZ DA SILVA AQUILES ROSSONI CHARLES FRANCISCO BARBOZA AOZANI GINACARLO CERUTTI PANOSSO	FERRAMENTA DE ANÁLISE DE VIDA ÚTIL DE TRANSFORMADORES IMERSOS EM LÍQUIDO ISOLANTE	1093
CAMILA SAMPAIO DOS REIS OSMAR ZAPAROLI MARCIELE SCHWANKE ADILSON LUIS STANKIEWICZ	ERROS EM MEDIDAS	1099
CAMILA SAMPAIO DOS REIS JOSUÉ CORTEZ	MINERAÇÃO DE DADOS NA PROMOÇÃO DO AMBIENTE SEGURO EM SAÚDE.	1104
CHARLES LUÍS BATISTELLA JUCIAN RUFATO RAFAEL FIORENTIN GLENIO LUIS DE VASCONCELLOS RIGONI	MOTORES ELÉTRICOS DE INDUÇÃO	1108
ELISANGELA CAROLINE CERVINSKI ADILSON LUÍS STANKIEWICZ CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE SUPERVISÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS AO MONITORAMENTO DO PROCESSO DE SECAGEM DE GRÃOS EM SILO-SECADOR	1112
ÉVELYN DOS SANTOS SAGIORATO ANGÉLICA PAULA CAÚS RODRIGO SIQUEIRA PENZ EDSON SANTOS ACCO	DESENVOLVIMENTO DE FONTE CHAVEADA FLYBACK	1118
EZEQUIEL ROSVADOSKI ADILSON LUÍS STANKIEWICZ ROBERTA NEUMEISTER ARTHUR BORTOLIN BESKOW CAMILA SAMPAIO DOS REIS	ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE JUNÇÃO NA EMISSÃO DE FLUXO LUMINOSO EM DIODOS EMISSORES DE LUZ E PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DO ELEMENTO DISSIPADOR	1123
FERNANDA ZAMBONIN BOARETTO THIAGO LAZZARI CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE CONTROLE ESCALAR E CONTROLE DIRETO DE CONJUGADO DO MOTOR BRUSHLESS DC PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS	1129

FERNANDO GRASSI MAICON LUÍS FLACH FABRÍCIO HOFF DUPONT	OTIMIZAÇÃO DE RENDIMENTO APLICADA A INVERSORES CONECTADOS EM PARALELO	1135
FERNANDO GRASSI MAICON LUÍS FLACH	ENSAIO LABORATORIAL PARA OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS DE UM MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO	1141
JAÍNE LEILA DE ARAÚJO CÁSSIO LUCIANO BARATIERI FERNANDO LUIS TARTARI PERES	METODOLOGIA DE ESTUDO DA EFICIENCIA ENERGETICA EM UMA UNIDADE INDUSTRIAL	1147
JOÃO LUCAS ZAIONS CARLOS ALBERTO RAMIREZ BEHAINE	FILTROS ELETRÔNICOS HÍBRIDOS PARA MITIGAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS E RUÍDO	1153
JULIANO FLORES RIBOLI LEONARDO ULISES IURINIC	MODELAGEM DE COMPONENTES TRIFÁSICOS UTILIZANDO A PLATAFORMA LTSPICE PARA EVITAR OSCILAÇÕES NUMÉRICAS	1159
LEANDRO BENHUR KLINGER FISCH AFONSO CARLOS HINKEL JÚNIOR CÍCERO JOSÉ MATUELLA MOREIRA	IDENTIFICAÇÃO DE UM MODELO CAIXA PRETA PARA BATERIAS ESTACIONÁRIAS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS	1165
LEANDRO BENHUR KLINGER FISCH CÍCERO JOSÉ MATUELLA MOREIRA CASSIO LUCIANO BARATIERI ADILSON LUIS STANKIEWICZ	ESTUDO DE UM CONVERSOR ZETA COM CONTROLE MPPT APLICADO A CONTROLADORES DE CARGA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	1171
LEONARDO BECKER DA LUZ SAMUEL ZOTTIS DAL MAGRO RENATO WEILLER DALLAGASPERINA WILLINGTHON PAVAN CARLOS AMARAL HÖLBIG JOSÉ MAURÍCIO CUNHA FERNANDES	UMA PLATAFORMA DE COMUNICAÇÃO UNIVERSAL UTILIZANDO O PROTOCOLO ZIGBEE	1177
MAICON LUÍS FLACH FERNANDO GRASSI	PROJETO E SIMULAÇÃO DE UM INVERSOR TRIFÁSICO	1182
MAICON LUÍS FLACH FERNANDO GRASSI	DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL COM MICROCONTROLADOR PIC16F887	1188
MARCELO FRANKLIN LORENSETTI FABIO DELAVECHIA ROCHA	CARGA ELETRÔNICA MICROCONTROLADA PARA FONTES DE POTÊNCIA CC	1194
MARCELO JACSON FORTUNA CÁSSIO LUCIANO BARATIERI ADILSON LUÍS STANKIEWICZ	CONVERSOR CC-CC BOOST PFC APLICADO À CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA	1200
MARIANA ZUCCHI VARGAS RAFAELA POLLON GUILHERME DIEGO BULAU PAULA RENATA GRESELE RAFAEL PASA BINOTTO RICARDO ARPINI SOUZA GLÊNIO LUIS DE VASCONCELLOS RIGONI	CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA EM SISTEMA TRIFÁSICO SIMPLES COM UTILIZAÇÃO DE ELEMENTOS CAPACITIVOS	1206

MATEUS NAVA MEZAROBA DANIELA KUNKEL MUENCHEN JANINE MARTINAZZO ALEXANDRA NAVA BREZOLIN ALINE ANDRESSA RIGO ALANA MARIE DE CEZARO ALEXANDRA MANZOLI CLARICE STEFFENS JULIANA STEFFENS FABIO DE LIMA LEITE	DISPOSITIVO DE BIOSENSORIAMENTO FUNCIONALIZADO COM PEROXIDASE DE FONTE VEGETAL: CARACTERIZAÇÃO POR AFM	1211
RODRIGO DONZELLI SÉRGIO BORDIGNON	BANCADA PARA SIMULAÇÃO DE COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO	1216
SUÉLEN BAMPI CAMILA SAMPAIO DOS REIS MARCIELE SCHWANKE MARCOS ISMAEL SCHULTZ ADILSON LUIS STANKIEWICZ	MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS INTEGRADAS À PRÁTICA CLÍNICA EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE	1222
TAILAN ORLANDO CLAODOMIR ANTONIO MARTINAZZO	COMPARAÇÃO DA CONVERSÃO DE ENERGIA SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA ENTRE UM PAINEL COM SEGUIDOR SOLAR DE DOIS EIXOS E UM PAINEL ESTÁTICO	1226
THIAGO LAZZARI CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA EXPERIMENTAL AO ACIONAMENTO E CONTROLE DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS	1232
THIAGO LAZZARI FERNANDA ZAMBONIN BOARETTO CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	INVESTIGAÇÃO DOS MÉTODOS DE CV E CDC APLICADOS AOS MOTORES SÍNCRONOS DE ÍMÃS PERMANENTES PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS	1238
Engenharia Mecânica		
ARIEL DE CEZARO BALEN MARCO ANTONIO FERRAZ SAMPAIO DE SOUZA	SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO ESCOAMENTO AO REDOR DE UM PERFIL AERODINÂMICO HIPER-SUSTENTADOR EPPLER 423	1245
ARIEL DE CEZARO BALEN CLEMERSON ALBERI PEDROSO	ESTUDO DE UM PERFIL AERODINÂMICO NACA 0018	1251
BRUNO EDUARDO KOZERSKI GIARETTON ARTHUR BORTOLIN BESKOW	QUALIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DO PROCESSO FSW (FRICTION STIR WELDING) PARA A SOLDAGEM DE CHAPAS DE ALUMÍNIO DA LIGA AA 5083	1257
CARLOS HENRIQUE JEVINSKI JULIANO HAWRYLUK	COMPARAÇÃO E ANÁLISE DAS EMISSÕES DE GASES DE UM MOTOR VW AP 1.8 CICLO OTTO COM PERCENTAGEM DE ETANOL NA GASOLINA ACIMA DA QUANTIDADE DETERMINADA PELA	1262
CLADEMIR GALLINA PASE MARCO ANTÔNIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA	CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE UMA MÁQUINA DESTILADORA DE THINNER EM SOLVENTES CONTAMINADOS	1268
CLÓVIS EDUARDO PEGORARO TANCREDO WESTPHAL JUNIOR	PROGRAMAÇÃO MAPLE DO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS PARA PÓRTICOS ESTÁTICOS 2D COM PRÉ-PROCESSAMENTO VIA MAPLETS	1274
DIEGO DOBROWOLSKI ARTHUR BORTOLIN BESKOW	ESTUDO DOS PARÂMETROS DO PROCESSO FSW PARA JUNTAS DE TOPO EM CHAPAS DE ALUMÍNIO AA 5083 UTILIZANDO BRAÇO ROBÓTICO	1279

FABIANO RODRIGO PERTUSSATI TANCREDO WESTPHAL JUNIOR	PROGRAMAÇÃO DO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS EM LINGUAGEM MAPLE PARA PROBLEMAS DA ELASTICIDADE BIDIMENSIONAL	1285
FLAVIO VANDERLEI ZANCANARO JÚNIOR FABRICIO WINCKIEWICZ LUZ RAUL MARQUES MAUER	ESTUDO EXPERIMENTAL DO ESCOAMENTO DE AR NO PROCESSO DE ADMISSÃO EM UM MOTOR MONOCILÍNDRICO	1290
FRANCIELI GONÇALVES FRANCESCHINI ARTHUR BORTOLIN BESKOW	ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO DO OMBRO DA FERRAMENTA CONTENDO ESTRIAS EM ESPIRAL COM E SEM CHANFRO NA QUALIDADE DAS SOLDAS FSW EM CHAPAS DE ALUMÍNI	1295
GUSTAVO DE OLIVEIRA DE ANTONI	INFLUÊNCIA DA MICROESTRUTURA PRÉVIA NA CINÉTICA DE ESFEROIDIZAÇÃO DOS AÇOS SAE 1050H E SAE 5140 SUBMETIDOS A UM CICLO DE RECOZIMENTO SUBCRÍTICO	1301
HECTORY ALEXANDRE KALINOSKI CRISTIANO VITORINO DA SILVA	AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO PARA UMA CASA MODULADA	1307
LAÍS CAROLINE CENTENARO CRISTIANO VITORINO DA SILVA	ANÁLISE EM CFD DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR NA CAMISA DE UM DIGESTOR DE VÍSCERAS	1313
LARISSA LOPES NUNES CLEITON ELSNER DA FONSECA	ESTUDO NUMÉRICO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM FLUIDOS NÃO-NEWTONIANOS	1319
LUCAS SCHENATTO ARTHUR BORTOLIN BESKOW	ESTUDO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE MASSALOTE PARA A FUNDIÇÃO DE UMA PEÇA DE ALUMÍNIO	1324
MARINA BERTUOL MARTINS TANCREDO WESTPHAL JUNIOR	ESTUDO EXPERIMENTAL DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE SOLDAS PONTO COM VARIAÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS DE SOLDAGEM	1330
MÁRIO LUCAS MURARI ARTHUR BORTOLIN BESKOW	ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM FSW SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE SOLDAS EM CHAPAS DA LIGA DE ALUMÍNIO AA 5083 EM JUNTAS DE TOPO	1335
RAUL VANZ CRISTIANO VITORINO DA SILVA	ANÁLISE COMPUTACIONAL DO EFEITO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR RADIATIVA NA OXI-COMBUSTÃO DE CARVÃO RUSSO EM UMA INSTALAÇÃO DE ENSAIO DE COMBUSTÃO DE 0,5	1341
RÉGIS DEBASTIANI MARCO ANTONIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA GIAN MARCOS GATTI	ANÁLISE DE UMA CAMADA-LIMITE PERTURBADA POR UMA RUGA TRIANGULAR UTILIZANDO SIMULAÇÃO NUMÉRICA	1347
RÉGIS DEBASTIANI MARCO ANTONIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA GIAN MARCOS GATTI	ANÁLISE DE UMA CAMADA-LIMITE PERTURBADA POR UMA RUGA TRIANGULAR COM VARIAÇÃO DE RAZÃO DE ASPECTO UTILIZANDO SIMULAÇÃO NUMÉRICA	1353
SIMONE PAULA JABOINSKI ARTHUR BORTOLIN BESKOW	ANÁLISE EXPERIMENTAL DA TEMPERABILIDADE DOS AÇOS SAE 1045 E SAE 4340 UTILIZANDO DIFERENTES TÉCNICAS DE TÊMPERA	1359
VINICIUS VELOSO RIOS JULIANO HAWRYLUK	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE UM CATALISADOR NAS EMISSÕES DE GASES DE UM MOTOR VW A.P. 1.8 CICLO OTTO COM VARIAÇÕES DA PORCENTAGEM DE ETANOL NA GASOLINA	1365

Engenharia Química e Química Industrial		
CAMILA CARLA KRIGUER MARIANE MINOZZO RAQUEL VERA ZAMADEI ROGÉRIO MARCOS DALLAGO LUCIANA DORNELLES VENQUIARUTO JULIANA STEFFENS	AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE UNIDADE DE RECEBIMENTO DE LEITE: UM ESTUDO DE CASO	1373
ELOISE CAROLINE VIERO BRUNA COMIN GECIANE TONIAZZO BACKES	ESTUDO DE CASO: REDUÇÃO DE REFUGO DE EMBALAGEM EM UMA INDÚSTRIA DE CANDIES NO INTERIOR DO RIO GRANDE DO SUL	1379
ELTON LUIS HILLESHEIM MARCELO LUÍS MIGNONI VICTOR DE AGUIAR PEDOTT NAIONARA ARIETE DARONCH	ESTUDO DA SÍNTESE DO COMPÓSITO TIO2/SIO2 OBTIDO PELA TÉCNICA SOL-GEL E SUA APLICAÇÃO EM TESTES DE ADSORÇÃO/DEGRADAÇÃO DO AZUL DE METILENO	1383
FRANCIELE BERNARDI LARIESSA OLKOSKI LUCIANA DORNELLES VENQUIARUTO NAIARA MIOTTO ROGERIO MARCOS DALLAGO	AVALIAÇÃO DO IODETO COMO PROMOTOR DA DECOMPOSIÇÃO RADICALAR DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO	1389
HORTÊNCIA ADELINA SCOLARI NATÁLIA AMBRÓSIO ELTON LUIS HILLESHEIM JOÃO CARLOS KRAUSE LUCIANA DORNELLES VENQUIARUTO ROGÉRIO MARCOS DALLAGO	DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ TOTAL EM VINHOS ARTESANAIS PRODUZIDOS NA MICRORREGIÃO DE ERECHIM-RS	1395
JÉSSICA LUIZA TARTARI ROGÉRIO LUIS CANSIAN GECIANE TONIAZZO BACKES NATÁLIA PAROUL	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DA CITRONELA (CYMBOPOGON WINTERIANUS)	1399
LEONARDO MEIRELLES DA SILVA ANGELA ANTUNES ALINE MATUELLA MOREIRA FICANHA THAIS COMIN ANDRESSA SARAIVA ROGÉRIO MARCOS DALLAGO JAMILE ZENI IVANA CORREA RAMOS LEAL MAURICIO MOURA DA SILVA	ESTUDO COMPARATIVO DA ATIVIDADE OPERACIONAL (RECICLOS) DA LIPASE CANDIDA ANTARCTICA IMOBILIZADA IN SITU EM SONOGEL PRODUZIDO PELO MÉTODO SOL-GEL COM E SEM A UTILIZAÇÃO DO ADITIVO PEG	1404
LEONARDO MEIRELLES DA SILVA ANGELA ANTUNES ALINE MATUELLA MOREIRA FICANHA THAIS COMIN ANDRESSA SARAIVA ROGÉRIO MARCOS DALLAGO JAMILE ZENI IVANA CORREA RAMOS LEAL MAURICIO MOURA DA SILVA	ESTUDO DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO DA IMOBILIZAÇÃO DA LIPASE DE CANDIDA ANTARCTICA B (CAL B) EM MATRIZ HIDROFÓBICA SONOGEL	1408

LUCIANA LUFT TÁSSIA CARLA CONFORTIN IZELMAR TODERO THIARLES BRUN JULIANA FERREIRA SOARES MARCIO ANTÔNIO MAZUTTI	O USO DA TECNOLOGIA DE ULTRASSOM NA HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DO BAGAÇO DE MALTE	1413
RAQUEL CARLA ZANATTA LUCIANA DORNELLES VENQUIARUTO ROGÉRIO MARCOS DALLAGO BRUNA COMIN MATEUS HENRIQUE BOPSIN	DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ TOTAL EM VINHOS TINTOS ARTESANAIS PRODUZIDOS NO MUNICÍPIO DE ESTAÇÃO/ RS	1418
RAQUEL CARLA ZANATTA LUCIANA DORNELLES VENQUIARUTO ROGÉRIO MARCOS DALLAGO HORTÊNCIA SCOLARI FERNANDO NONNEMACHER JOÃO CARLOS KRAUSE	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁCIDO ACÉTICO DE VINAGRES ARTESANAIS PRODUZIDOS NA REGIÃO DA FRONTEIRA NOROESTE GAÚCHA	1422
RAQUEL VERA ZAMADEI CAMILA CARLA KRIGUER LUCIANA DORNELLES VENQUIARUTO ROGÉRIO MARCOS DALLAGO	DECOMPOSIÇÃO RADICALAR DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO EMPREGANDO COMO PROMOTOR ÍONS HIDROXILA: DETERMINAÇÃO DO EFEITO PROMOTOR	1426
THAÍS CASSIELE PIOVEZAN VIVIANE BORELA BALDIM JULIANA PAGLIARINI VANESSA DUZ FRANCIELE DALCANTON JOSIANE MARIA MUNERON DE MELLO	EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DA MAMONA (RICINUS COMMUNIS L.)	1431
VICTOR DE AGUIAR PEDOTT ELEN ANGELINA MENON ELTON LUIS HILLESHEIM NAIONARA ARIETE DARONCH MARCELO LUÍS MIGNONI	IMOBILIZAÇÃO DA LIPASE CANDIDA ANTARCTICA B (CALB) EM SUPORTES INORGÂNICOS ANIÔNICOS DO TIPO HDL	1435
VICTOR DE AGUIAR PEDOTT ELTON LUIS HILLESHEIM MARCELO LUÍS MIGNONI	UTILIZAÇÃO DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X NA CARACTERIZAÇÃO DO HIDRÓXIDO DUPLO LAMELAR (HDL) MG/AL E SEU EFEITO MEMÓRIA	1441
VINÍCIOS DIEGO ADAM RUBIA MORES GUILHERME FELIPE FLORES FIGUEIREDO GUSTAVO CENI VERÔNICA BALDON FUSINATO LUCIANA DORNELLES VENQUIARUTO ROGÉRIO MARCOS DALLAGO	ELETROCOAGULAÇÃO E ELETRO-FENTON APLICADOS AO TRATAMENTO DE EFLUENTE GERADO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL PARA REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA	1446

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

ADMINISTRAÇÃO

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

COMO A FAIRTRADE PODE CONTRIBUIR PARA UM COMÉRCIO MAIS JUSTO NA INDÚSTRIA TÊXTIL

HOW FAIRTRADE CAN CONTRIBUTE TO THE TEXTILE INDUSTRY

Gabriela Cansian Borda
Universidade Regional Integrada Das Missões - Discente em Administração Linha de Formação em Com. Internacional
gabizinhacansian@gmail.com

Resumo
O presente artigo tem como objetivo assimilar as técnicas do Fairtrade e sua aplicação na indústria têxtil e do vestuário. Os artigos de moda atualmente movimentam grandes volumes do Comércio Internacional, devido ao fato que grandes indústrias que buscam deslocar sua produção à países subdesenvolvidos onde os custos com matéria prima e mão de obra são menores. Finalmente, com a vasta quantidade de processos envolvidos à fabricação destes produtos, a utilização de mão de obra terceirizada compromete ainda mais o controle da produção, facilitando os abusos como exploração e condições indignas de trabalho. Sendo assim, os objetivos da Fairtrade Labelling Organization buscam assegurar as boas práticas e podem ser aplicadas não apenas para a produção de commodities, mas também para garantir que os envolvidos na cadeia possam desfrutar de meios de vida seguros e sustentáveis.
Palavras-chave: *Fairtrade, comércio internacional, fashion*

1. INTRODUÇÃO

A forma produção imposta pelo capitalismo atual tem gerado produtos que são consumidos e descartados a espaços de tempo cada vez mais curtos, estimulando novamente o consumo por novos artigos. Essa obsolência programada, caracterizada por ciclos de vidas cada vez menores, tem aumentado consumo e consequentemente, a produção. Tentando manter esse ritmo constante e a competitividade através de estratégias relacionadas à preço, o empresário tem buscado o menor custo possível, o que tem gerado a procura por matéria prima e mão de obra cada vez mais baratas.

Com a facilitação do Comércio Internacional e a Globalização, grandes empresas têm deslocado a busca de matérias primas e a sua transformação para países menos desenvolvidos, como Camboja, Índia, Bangladesh e outros países do sudeste asiático, onde os custos de matéria prima e manufatura são muito inferiores.

Visto em diferentes ângulos, o translado das atividades de extração e produção a países distantes tem possibilitado uma diminuição nos custos, porém tem dificultado o controle das cadeias de fornecimento, uma vez que nesses locais também ocorre o repasse de parte deste trabalho a terceiros. Com isso, são facilitadas as atividades ilegais de exploração e indignas de trabalho, possibilitando que fábricas praticantes de tráfico e servidão de pessoas fiquem despercebidas em uma cadeia tão vasta de transformação.

O início da cadeia têxtil está na produção da matéria prima, onde a mais consumida na indústria têxtil, o algodão, tem maior cultivo na Índia,[1] e causa o afastamento anual de mais de 250 mil agricultores devido à diversas enfermedades relacionadas ao componentes químicos e transgênicos presentes no cultivo. Para a manufatura, o pólo de exploração é Bangladesh, onde há 3 milhões de trabalhadores em fábricas de roupas sendo 85% mulheres e crianças[2]. A cidade está associada a inúmeros desastres envolvendo confecções, como o desabamento do Rana Plaza, que resultou em mais de trezentos trabalhadoras mortas e outras mil feridas.

Para garantir as boas práticas de cultivo e fabricação, deverão ocorrer mudanças no sistema de comércio convencional, e que coincidem com as práticas estabelecidas pela FLO, ou *Fairtrade Labelling Organizations Internacional*, que tem como objetivos tornar o comércio mais justo, empoderar pequenos agricultores e trabalhadores, além de promover meios de subsistência sustentáveis.

[1] Dados da ABRAPA, Associação Brasileira de Produtores de Algodão, 2016
[2] Liz Jones do jornal Daily Mail, apud André Carvalhal, Moda com Propósito, pagina 179.

2. FAIRTRADE LABELLING ORGANIZATIONS

O FairTrade tem berço holandês em 1988, quando um selo de Comércio Justo foi adicionado à um café de procedência mexicana, com o nome de *Max Havelaar,* em homenagem a uma novela sobre a exploração dos cafeicultores aos trabalhadores javaneses. A princípios da década de 90, esse selo ganhou popularidade na Europa e América do Norte, e em 1997 fundou-se a *Fairtrade Labelling Organizations Internacional* (FLO), na Alemanha, com o objetivo de unir diferentes iniciativas de organizações afim de criar um único critério de certificação. Em 2002, a FLO lançou o selo FairTrade. Os atuais critérios estabelecidos pelo FairTrade seguem os padrões estabelecidos internacionalmente pela Organização Mundial do Trabalho, OIT, e o Código de Boas Práticas do I*SEAL Code of Good Pratice*, para os assuntos referentes aos Critérios Sócio Ambientais, também ao respeito à legislação nacional, as práticas regionais e setoriais.

Além de garantir um comércio justo, paga-se aos produtores um montante em adição aos produtos chamada Prêmio por Comércio Justo. Esse prêmio é destinado aos investimentos em negócios e na comunidade dos produtores e trabalhadores participantes do FairTrade.

Ainda que o Programa de Comércio Justo está focado em produtores de *commodities*, tais como café, cacau, açúcar e algodão, podem ser estendidos à quaisquer cadeias contanto que todas elas possuam os requisitos para a certificação FairTrade. Hoje o selo Fairtrade é exigência em diversos países importadores de matérias primas com seu principal destino à indústria alimentícia.

Com isso, o selo Fairtrade não é visto com frequência na indústria da têxtil, com exceção ao algodão por ser uma das *commodities* que mais circulam no comércio internacional. O restante da cadeia produtiva acaba sofrendo transformações por indústrias não certificadas, o que extingue do produto final o selo FairTrade.

2.1 Certificação de Fibras Têxteis

Na indústria do vestuário, a principal fibra utilizada é o algodão, uma *commodity* com grande circulação mundial, e com isso seus parâmetros de produção já estão contidos nos critérios FairTrade. As demais fibras como linho e bambú, por serem fibras naturais, ficam implícitas aos mesmos critérios de cultivo exigidos pelo FLO aos produtores de algodão.

As lavouras convencionais de algodão causam dados extremamente agressivos ao meio ambiente, além de utilizar-se de recursos naturais não renováveis. Estima-se que mais de 250 mil agricultores adoecem anualmente com os pesticidas utilizados no seu plantio. O cumprimento da legislação ambiental vigente no país de origem foi acrescido em janeiro deste ano aos requisitos exigidos para a certificação FairTrade, buscando principalmente a recuperação dos recursos utilizados nos processos produtivos. Desta forma a FLO prevê que as culturas devem entender e agir para minimizar os impactos ambientais negativos no que diz respeito ao uso da terra e da biodiversidade, assim como uso da água, energia, controlando a emissão de carbono e efluentes de águas residuais do cultivo das fibras.

A FLO espera que no ano de 2018 essas práticas ambientais de recuperação estenda-se às formas de cultivo, visando a menor utilização de insumos químicos na produção. Os materiais químicos passam a entrar em vigor em primeiro de janeiro de 2018, e são classificados em três listas:

- Lista vermelha, considerados perigosos e não aprovados para a agricultura;
- Lista laranja, materiais que podem ser utilizados em ocasiões específicas, e
- Lista amarela, incluem materiais perigosos que estão sendo utilizados atualmente nos cultivos.

Grande parte do algodão comercializado hoje tem origem transgênica e os insumos necessários para sua fabricação estão contidos nas listas laranja e amarela, tais como agrotóxicos e pesticidas. Abamectina é um inseticida e acaricida comumente usado nas plantações de algodão e encontra-se na Lista Vermelha por causar câncer e alterações metabólicas. Outros pesticidas utilizados pelos cultivos de fibras estão contidos na Lista Laranja de critérios estabelecidos pelo FairTrade e todavia são permitidos, contanto que cumpram com determinadas exigências estabelecidas pela FLO. A Fairtrade Labelling Organization está desenvolvendo um plano para reduzir ou eliminar estes materiais, pois além de comprometerem a saúde dos trabalhadores também danificam o solo.

Para garantir os requisitos anteriores e obter a certificação FairTrade, os produtores de fibras têxteis devem brindar rastreabilidade ao seu produto, ou de certa forma, garantir sua procedência, ficando facultativo à antes ou após o processo de descaroçamento - separação da fibra e da semente - no caso do algodão (nesse caso, considerar toda a parte de separação da fibra de outros resíduos orgânicos). Sendo assim, pode-se assegurar que o produtor responsável pelo algodão agiu na forma de comércio justo com os trabalhadores que colheram, processaram a fibra, e que ela foi cultivada livre de substâncias químicas nocivas às pessoas e ao solo.

Nas culturas de fibras têxteis tem surgido um novo conceito de produção que em breve poderá estar associado ao FairTrade, as culturas orgânicas. Estes novos cultivos buscam uma melhor forma de produção sem a utilização de agrotóxicos ou pesticidas que comprometem a saúde do agricultor, utilizam menos recursos e não prejudicam o solo devido ao plantio através de ciclos. As fibras são cultivadas de forma mais artesanal, exigindo maior mão de obra e

incentivando a geração de empregos. O preço praticado pelos produtores de algodão orgânico são superiores aos do algodão cultivado de forma tradicional, porém garantem ao comerciante um produto livre de químicos e uma produção justa.

Quanto ao pagamento para este tipo de *commodity* há dois preços que podem ser utilizados nas negociações entre compradores e produtores. Um deles estabelecido pelo mercado, baseado no preço internacional praticado e admitido pelo Fairtrade ou Preço Mínimo de Comércio Justo, e outro Preço de Comércio Justo, que além de incluir o preço mínimo inclui o Prêmio de Comércio Justo. Ambos preços são estabelecido conforme os requisitos do FLO, e exigem que contratos de compra e venda estejam contidos os custos de produção em forma clara detalhada, a fim de justificar o preço praticado pelo produtor. O Preço de Comércio Justo deve cobrir as despesas e dar margem desenvolvimento, além de cobrir com todos os requisitos legais inclusive clareza nas operações. Em hipótese alguma o produto pode sofrer algum tipo de desconto, exceto quando houver alteração do INCOTERM, onde sofrerá apenas o desconto correspondente à parcela de serviço não contratada.

2.2 Cadeia Justa na Manufatura

A indústria da moda tem deslocado sua produção à países subdesenvolvidos onde a mão de obra é abundante e consideravelmente mais barata aos países desenvolvidos. Grandes marcas como Zara, Primark, Versace têm utilizado as grandes fábricas em Daca onde as jornadas de trabalho chegam a ultrapassar a marca de 10, 20 horas e os custos de mão de obra imperceptíveis ao custo final do produto. Costureira em Bangladesh ganha US$ 32,00 ao mês e não recebe horas extras, crianças recebem ainda menos, em torno de US$ 10,00 ao mês.[3] A partir de janeiro deste ano, a FLO acrescentou a seus critérios a ciência das leis trabalhistas vigentes no país e das convenções da OIT pelos contratantes, e prevê que o estabelecimento certificado não tenha indícios de violar qualquer uma destas proposições. Assim, a FairTrade espera que todos os comerciantes abracem o apelo da OMT para um trabalho decente para todos.

As normas estabelecidas pela FLO em conjunto com a OMT visam garantir que os direitos dos trabalhadores nas cadeias de fornecimento do Comércio Justo sejam respeitados, como por exemplo, direito de associação à um sindicato, à não realização de trabalhos forçados, não utilização de mão de obra infantil, igualdade de remuneração e não discriminação. As condições fundamentais da OIT vinculadas à Fairtrade se aplicam independentemente da legislação do país, e são as dispostas abaixo:

- Liberdade de associação e proteção ao direito de sindicalização, 1948 (n 87)
- Direito de sindicalização e de negociação coletiva, 1949 (n 98)
- Convenção de trabalho forçado, 1930 (n 29)
- Abolição da convenção sobre trabalho forçado, 1957 (n105)
- Convenção sobre a idade mínima, 1973 (n138)
- Piores formas de trabalho infantil, 1999 (no 182)
- Convenção sobre igualdade de remuneração, 1951 (n100)
- Convenção sobre discriminação emprego e profissão, 1958 (n111)

Apesar destas práticas ilegais contrárias a Organização Mundial do Trabalho, atualmente esses países não contam como uma eficiente fiscalização nas indústrias "de suor", como são conhecidas. Portanto, a FairTrade, através de seu acurado controle teria um papel importante de garantir que todo trabalhador realize suas atividades em condições adequadas e dignas.

A parte das condições de trabalho e remuneração adequada, em diversos momentos do processo de transformação na indústria do vestuário os trabalhadores ficam expostos a componentes químicos, pois acredita-se que essa indústria não apresenta um considerável grau de periculosidade. Infelizmente, os processos envolvendo o beneficiamento têxtil - como o alvejamento, tingimento, estamparia - deixam o operário em contato com substâncias nocivas a sua saúde. Além disso, esses processos geram efluentes que contaminam os solos e as bacias hidrográficas. O Fairtrade passará a regular a partir de janeiro de 2018 a recuperação de todos os efluentes gerados pela indústria, e também, lista as substâncias nocivas que prejudicam a saúde dos envolvidos nos processos de beneficiamento têxtil, como por exemplo, o compostos a base de cloro como clorito e hipoclorito de sódio - causadores de anormalidades no desenvolvimento fisiológico, cancerígenos e altamente poluentes.

Para as práticas de manufatura de itens de vestuário, não existem parâmetros a quais a FLO baseia-se para definir o preço justo. Está implícito que de acordo com as condutas do FairTrade, os preços por item poderiam ser comparados com outras referências internacionais colocando este em um preço justo de comercialização, porém os produtos do vestuário são muito variados e apresentam diferentes níveis de preços. Uma boa forma de medir seu valor real, seria

[3] O 1º de Maio e o massacre das costureiras em Bangladesh, Lucho Aguilar, Esquerda Diário, 2 de maio de 2015

considerar o valor final de comercialização e a partir deste definir qual parcela corresponde ao processo de fabricação. Desta forma, as marcas mais caras tem oportunidades de gerar maiores salários aos que as produzem.

Além disso, de acordo com os critérios, FairTrade prevê além de um salário justo, que o dono da manufatura receba um investimento na sustentabilidade de seus negócios e suas comunidades - Prêmio por Comércio Justo. Esta prática têm o intuito de incentivar os empresários a prestar um apoio adicional aos trabalhadores ademais da tomada de serviços, a fim de contribuir para o seu desenvolvimento e capacitação. Nesse caso, pode-se pagar o prêmio em dinheiro, investir em treinamentos, ou melhorias na comunidade.

Também as novas práticas buscam a inclusão através de incentivarem a preferência por trabalhadores vulneráveis, como aqueles que têm acesso limitado ao mercado, inclusive produtores e que estão em estágios iniciais de desenvolvimento e organização. A FLO encoraja a contratação de grupos que pertençam a uma minoria a ética, como por exemplo mulheres, dando suporte a pequenas comunidades de costureiras, bordadeiras, tecelãs.

Os novos critérios do Fair trade buscam que todas as práticas comerciais sejam justas de forma a não prejudicar a capacidade de competição dos produtores ou a imposição de condições comerciais as que tornaria mais difícil para cumprirem com os critérios do Comércio justo Fair trade. Estas práticas estão baseadas no Livro Verde da UE, que descreve como prática injustas todo tipo de "práticas que grosseiramente se desviam da boa conduta comercial e são contrárias à boa-fé e a negociação justa e são unilateralmente impostas por um parceiro comercial sobre a outro". Isso se aplica aos comerciantes que exigem preços de fornecedores incompatíveis com os valores de mínimos produção. As empresas de fast Fashion, como a Zara e a Renner, costumam exigir de seus fornecedores o custo mínimo, fazendo o que o produtor esprema sua produção para alcançar os objetivos do comerciante. Portanto a Fair trade assume que prática seja ilegal e não corresponde a com as práticas de comércio justo.

3. CONCLUSÃO

O segmento têxtil é o segundo que mais emprega no mundo - perdendo apenas para alimentos e bebidas - além de movimentar mais de bilhões no comércio Internacional. É imprescindível ao comprador internacional saber a procedência destes produtos e garantir que não foram fabricados de forma indigna e prejudicial aos consumidores e ao meio ambiente.

Atualmente vive-se em um momento de aceleração de carreiras e modelos mais horizontalizados de trabalho, o que permite situações degradantes à vida e entre elas, análogos ao trabalho escravo. Com isso, tornam-se as organizações responsáveis pelo desenvolvimento social e devem tomar solidariedade para que isso seja possível. Segundo Porter[4], as empresas devem "construir estratégias que materializam o propósito das marcas em produtos, práticas culturais e experiências que promovam transformações sociais e gerem valor para todos os envolvidos com a marca" , o que pode ser considerado tanto estratégia de marketing como uma direção sustentável a ser seguida.

Considerando os desastres da indústria do vestuário atual, tais como poluição, trabalho análogo ao escravo, componentes químicos prejudiciais, a visão do Comércio Justo é extremamente necessário no mercado de moda, visto que muitas empresas terceirizam seus serviços à diferentes economias. Essas oportunidades geradas pela comércio internacional não devem passar despercebidas, pois também geram riquezas aos países subdesenvolvidos. Essas práticas devem ser realizadas no intuito de contribuir com o desenvolvimento destes países e não de exploração, e podem ser garantidas através da certificação FairTrade.

Para isso, o Comércio Justo - Fairtrade funciona como uma garantia aos compradores do Comércio Internacional. Segundo André Carvalhal o comércio justo é um exemplo de união de valores econômicos e sociais e tem como meta aumentar a receita dos produtores através do aumento do pagamento sobre a produção em vez de tentar apertar ou reduzir os preços na negociação[5]. Trata-se de uma redistribuição de valores na qual se organização cresce o fornecedor crescerá com ela. Esses objetivos podem ser adotados desde a produção da fibra têxtil até a produção da camisa por fábricas em diversas partes do mundo. A globalização permite que seja possível deslocar a produção para diversos lugares do mundo, e FairTrade é a garantia de que isso aconteça de forma legal.

Hoje no Brasil são mais de 20 cooperados com o selo FairTrade, todos na indústria do Café[6]. O selo Fairtrade ainda é incomum na indústria do vestuário, sendo utilizado por um seleto grupo de marcas, como a pioneiras norte americana Patagônia, que afirmou todos os critérios do Fairtrade recentemente. Os custos para aquisição do selo não são baixos, justificados pelos padrões internacionais e as diversas fiscalizações e assessorias colaborativas brindadas pela FLO. Isso pode pesar para pequenos produtores, porém uma alternativa é o cooperativismo, que além do comércio justo abordam a economia solidária.

[4] Porter, Michael, 2011. Criação de Valor Compartilhado. Harvard Business Review. Janeiro de 2011.
[5] Carvalhal, André, 2015. Moda com Propósito:Manifésto pela Grande Virada Pág. 176 Ed.1 Editora Paralela - SP
[6] Sobral, Lilian, 2015. Entenda como funciona o comércio justo. Época Negócios. Disponível em http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,ERT64038-16381,00.html

No Brasil, o exemplo da Marca Justa Trama, que apesar de não usar o selo FairTrade adotou a idéia de Comércio Justo. A marca originária do Rio Grande do Sul funciona como uma união de diferentes cooperativas, que nascem desde o plantio do algodão de forma orgânica no Ceará e Mato Grosso, com a tecelagem em Itajaí e confecção de artigos de vestuário em Porto Alegre, somando ao comércio justo o conceito de economia solidária.

Graças a FairTrade, os consumidores do mercado internacional podem adquirir garantias que todos os envolvidos nos processos estão agindo em favor da lei, do bem estar social e do meio ambiente. Além de gerar valor, o FairTrade prevê a prosperidade dos países subdesenvolvidos, através do pagamento justo e dos prêmios por boas práticas, que podem ser aplicadas em todas as etapas do setor têxtil, desde o cultivo da fibra até a produção. O valor compartilhado, conforme Porter[7], é a consciência das organizações em não gerar apenas valores financeiros, como gerar outros benefícios como empregos e desenvolvimento das comunidades em favor de sua sustentabilidade. "Para gerar valor econômico, primeiramente devemos gerar valor social."[8]

4. REFERÊNCIAS

ABIT, 2016 - Associação Brasileira de Indúsitra Têxtil, disponível em <http://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>

ABRAPA, 2016, Associação Brasileira de Produtores de Algodão, disponível em <www.abrapa.com.br/dados/ranking> em 06.07.2017

CARVALHAL, André, 2016, Moda com Propósito: Manifesto Para Grande Virada / André Carvalhal . 1ed. - São Paulo: Paralela

CNN, Freedom Project - Pessoas Descartáveis, os novos escravos da economia global, disponível em <www.cnn.com/specials/world/freedom-project>, em 06.07.2017

FAITRADE Labelling Organizarion, Critérios do Comércio Justo Para Comerciantes, Versão 01.03.205 v1.2

FLECHER, Kate. 2011 Moda e Sustentabilidade: Um design para Mudança / Kate Flecher e Lynda Grose - São Paulo: Editora Senac São Paulo 2011

KOTLER, Philip, 2010. Marketing 3.0: As forças que estão definindo o novo marketing centrado no ser humano.

MORGAN, Andrew, 2015 The True Cost, Review: 'The True Cost' Investigates High Price of Fashion Bargains – The New York Times

PORTER, Michael. 2011. Criação de valor compartilhado, disponível em <http://hbrbr.uol.com.br/criacao-de-valor-compartilhado/>

RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.

[7] Porter, Michael, 2011. Criação de Valor Compartilhado. Harvard Business Review. Janeiro de 2011.

[8] Carvalhal, André, apud Porter. 2015. Moda com Propósito página 170. Editora Paralalela 1ed.-SãoPaulo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DA ÁFRICA COM AMOR: UM ESTUDO ACERCA DAS CARACTERÍSTICAS CULTURAIS DE NEGOCIAÇÃO NO CROSS-CULTURAL ENTRE BRASIL E COSTA DO MARFIM

Levino Bertochi Junior
Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC PR. Curitiba, PR, Brazil.
levinojunior@gmail.com

Giovani Jordi Bruschi
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gio.bruschi@gmail.com

Abstract. *O presente estudo alicerça-se na indústria de implementos agrícolas Fitarelli Máquinas Agrícolas Ltda, localizada na cidade de Aratiba/RS. Vista a internaionalização da empresa e seu exponencial crescimento na última década, demonstrar o atual panorama de negociação em territórios internacionais, neste caso a Costa do Marfim, caracteriza-se como cerne desta pesquisa. A partir de entrevistas com nativos da Costa do Marfim e corroborando as informações com a gestora da empresa, esta pesquisa delineou um mapeamento analítico dos principais pontos de discrepância e similaridade. Apresenta-se como resultado um esquema analítico acerca das perspectivas, ebúrnea e brasileira nos processos de negociação.*

Keywords: *Internacionalização, Costa do Marfim, Cross-Cultural, Negociação, Costumes.*

1. INTRODUÇÃO

O setor de máquinas e implementos agrícolas, agrupa indústrias de todos os portes, desde negócios familiares até multinacionais, bem como são responsáveis por impulsionar outros ramos da indústria brasileira. As empresas de máquinas agrícolas são responsáveis pelo dinamismo em diversos setores da economia, uma vez que envolvem todo tipo de componente metálico ou plástico. Somando essa variável com o advento da globalização, conclui-se que as empresas não podem ficar no comodismo, pois a concorrência dissemina-se cada vez mais rápido, e, é fundamental que as empresas busquem novas oportunidades de crescimento e de destaque no mercado internacional. Diante dos fatos apresentados e por já estar presente em grande parte do território nacional, a Fitarelli Máquinas Agrícolas Ltda está em busca de novos mercados fora do país que possam expandir suas vendas.

A Fitarelli caracteriza-se como uma empresa familiar de pequeno porte, com distribuição de seus produtos no mercado nacional e internacional, esse ocorre através do intermédio da Food and Agriculture Organization (FAO) para países africanos. Seus produtos são desenvolvidos de modo a atender as necessidades primordiais de pequenos agricultores cuja produção é de monocultura ou de subsistência. A qualidade superior é seu maior orgulho e acredita que o desenvolvimento de novas tecnologias não impede os avanços comerciais de seus produtos mais básicos, pois a empresa acredita que há possibilidades de negócio nos mais distintos mercados. Estas ideias de internacionalização da empresa são totalmente benéficas a ela perante o atual quadro, contudo a empresa desconhece pontos importantes e cruciais, do ponto de vista cultural, para que haja a real possibilidade de venda direta ao mercado externo.

O desenvolvimento econômico da Costa do Marfim é primordialmente baseado na agricultura de cacau e café. Todavia, a oscilação constante dos preços desses produtos em mercado internacional fez com que o governo incentivasse o desenvolvimento de novas atividades. Essa informação incentivou a Fitarelli a buscar ainda mais informações pertinentes ao país ebúrneo.

Entende-se também que no contexto globalizado em que se vive diferentes padrões são adotados por diferentes culturas. Meios de negociação, cumprimentos, Governo, língua, dentre outros, são exemplos de aspectos que podem interferir em uma negociação ou na inserção de produtos em um mercado diferenciado em que se anseia atuar. A cultura de um país pode interferir diretamente nas estratégias de uma empresa que pretende se internacionalizar. Sendo assim, o presente estudo apresentar-se-á como um instrumento de pesquisa para que a empresa Fitarelli conheça aspectos culturais de um dos países que pretende, futuramente, inserir-se, sendo esse a Costa do Marfim.

A escolha do país se baseia na experiência da empresa perante o mercado internacional africano e apoia-se em diversas premissas positivas sobre a Costa do Marfim, tal como a de que a nação ebúrnea é uma das mais prósperas e ricas do continente.

Sendo uma das ameaças da Fitarelli, no cenário internacional, a dependência da FAO (Food and Agriculture Organization) e, somando-se a isso, o anseio da gestora em internacionalizar a empresa, a proposta a pesquisa faz referência às informações sobre quais são os aspectos culturais que a empresa deve atentar visto que ela anseia sua inserção no mercado ebúrneo, sem o intermédio da FAO. O estudo proposto visa analisar, do ponto de vista cultural, quais são os cenários que a empresa irá encontrar e de que forma deve colocar-se em relação aos mesmos, de modo antever os procedimentos comerciais, os hábitos, costumes, dentre outras questões que estão envolvidas nos processos de internacionalização da empresa. Sendo assim, questiona-se: Quais os aspectos culturais devem ser atentados pela Fitarelli na Costa do Marfim a fim de galgar novas transações comerciais no mercado ebúrneo?

2. ASPECTOS CULTURAIS

Para realizar este estudo de forma clara e concisa, inicia-se com a caracterização o conceito de cultura. Há mais de 20 séculos Aristóteles propôs que cultura não é algo natural e sim uma parte adquirida na cognição do indivíduo ao longo de sua vida, sendo assim não decorre de fatores físicos. Cultura caracteriza-se pela incansável busca por uma fusão harmoniosa do físico, do psíquico e do intelectual no conjunto da vida, pela plenitude num mesmo homem da elevação espiritual, do crescimento emocional e da perfeição mental e moral (Nietzsche, 2006).

A partir destes conceitos, diversos autores desenvolveram novas definições. Cultura é um conjunto de valores, crenças, costumes, hábitos, etc., que são características de uma nação e que seus indivíduos as aceitam e seguem (Muylaert, 1993). Há uma defesa de que cultura são as formas pelas quais os indivíduos expressão sua forma de viver no contexto social, esse sendo compostas de famílias, escolas, religiões, grupos de relacionamento, dentre outros (Keeggan, 2005), corroborando há a afirmação de que os aspectos tangíveis, sendo estes, arquiteturas, propagandas de televisão, estradas, etc., e os intangíveis, exemplificados por normas, valores, ideias, costumes, também fazem parte do conceito geral (Cavusgil, Knight e Riesenberger, 2010).

À luz do conhecimento psicológico, a cultura é vista como uma entidade unitária, envolvendo três aspectos: 1) um conjunto de substância informacional transmitida entre gerações, dentro de um mesmo grupo, ou seja, cultura é socialmente aprendida; 2) assume-se que a mente do indivíduo é um produto social das forças culturais agindo desde o seu nascimento, de modo que o conteúdo da mente humana adulta representa a cultura da qual o indivíduo faz parte; 3) os humanos, em todos os lugares, mostram fortes semelhanças intragrupais e diferenças intergrupais, o que leva à admissão de fluxos separados de substância informacional, que explicam essas diferenças (Lordelo, 2010). A explanação palusível encontrada para esse fenômeno é a de que a cultura é orientada por similaridades intragrupais, enquanto que as diferenças entre grupos são concebidas como diferenças culturais (Tooby e Cosmides, 1995).

Apesar de diversas definições de cultura permearem a literatura, algumas delas aparecem com mais frequência, a que mais se destaca é que a cultura é um processo que se aprende, e depende do ambiente ao qual o indivíduo está inserido, sendo assim o processo não é biológico.

2.1 Apectos Culturais aplicdos à Negociação

Minervini (2005) destaca diversos pontos considerados de suma importância para conhecer os costumes regionais, são eles:

- Pontualidade: o critério tempo é abordado por Ludovico (2009) como um dos principais motivos de conflitos entre os negociadores, para ele uma negociação pode estar fadada ao fracasso caso uma das partes se atrasar, deve-se conhecer a cultura do público que deseja-se prospectar, caso eles tenham a posição norte americana, “time is money”, o melhor a fazer é ser pontual.

- Saudação: Os atos de cumprimento devem ser de estudados para que não ocasione nenhum constrangimento para qualquer uma das partes envolvidas. Ela pode variar de uma cerimoniosa inclinação japonesa, para um forte e berrante abraço mexicano ou até mesmo um gélido aperto de mão britânico (Minervini, 2005).

- Cores: Algumas culturas são extremamente ligadas a cores e seus significados, segundo Minervini (2009). O povo oriental vê o branco, por exemplo, como sinal de má sorte e morte, e o preto como um captador de bons fluídos e boa sorte, contrastando totalmente com a cultura brasileira por exemplo.

- Vestimentas/Acessórios: Especificamente sobre o continente africano, sabe-se que os povos costumam usar trajes, pinturas corporais, tecidos e adornos, conforme as identidades de seus devidos grupos, cada uma delas possui um significado diferenciado e traduzem os sentimentos do indivíduo. Os africanos, mais do que ninguém falam através de seus panos (Cohen, 2010).

- Gênero: Minervini (2005) afirma que há países em que é normal negociar com mulheres, contudo alguns ainda possuem o pensamento arcaico de que mulheres não devem se envolver em ambientes administrativos ou executivos, pois, não tem capacidade para tanto. Visto isso, certificar-se de que mulheres são bem-vindas em reuniões.

- Humor: De acordo com Minervini (2005) o humor está associado ao aspecto cultural, pois permeia o âmago histórico de um país e de sua população.

- Idiomas: Segundo Ethnologue (2014) existem 6.912 idiomas em todo o mundo, faz-se necessário conhecer os costumes linguísticos da região na qual uma negociação será deferida.

- Religião: "Um rápido olhar para o mundo ao redor mostra que a religião desempenha um papel bastante significativo na vida social e política de todas as partes do globo" (Hellern, Notaker E Gaarder, 2001). Há mais de um século os estudiosos da religião tentam encontrar traços comuns entre as religiões. O problema é que eles interpretam as semelhanças de maneiras diferentes, portanto este aspecto tem um papel central em muitas sociedades e refere-se ao conjunto de credos de uma comunidade que não podem ser demonstrados empiricamente, como por exemplo, a crença na vida após a morte (Hernández et al., 2003).

2.2 Aspectos Culturais Aplicados às Rotinas Diárias

O convívio diário com os nativos pode ter certas peculiaridades, Oliveira (2011) acredita que se a empresa estiver consciente do novo ambiente em que está inserida, as chances de galgar o mercado de forma máxima e positiva é mais palpável. Os itens destacadas a seguir, influenciam de forma decisiva as rotinas da empresa.

- Rituais: A África possui diversos tipos de rituais, alguns deles como o ritual da cobra que deve ser executado durante a quarta-feira durante a tarde, para que não haja transtornos no que tange a crenças e crendices a empresa deve estar preparada para qualquer tipo de interrupção, desde que essa seja calculada pela empresa.

- Alimentação: Conforme Proença (2010) afirma, o aspecto cultural não molda somente os costumes perceptíveis de um povo, tais como dança ou música, a culinária é afetada de forma sutil, mas sofre modificações no delongar dos anos, este aspecto se mostra importante, pois para algumas culturas oferecer certos tipos de alimentos é ofensa às pessoas. A alimentação está diretamente ligada a religião dos cidadãos do país.

3. METODOLOGIA

De acordo com Gil (2010) a pesquisa exploratória proporciona maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito, possibilitando a elaboração de hipóteses. Este tipo de pesquisa possui diversas maneiras de coletar dados, contudo envolve primordialmente levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiência prática com o assunto; e, análise de exemplos que estimulem a compreensão (Bilibio, 2009). Sendo assim, a fase inicial da pesquisa para o estudo ficou caracterizada pelo conceito apresentado na pesquisa exploratória, fato esse sustentado pela pesquisa bibliográfica e entrevistas que foram realizadas.

Gil (2010) determina que as pesquisas descritivas objetivam a descrição de características de determinada população. Podem ser elaboradas também com o objetivo de identificar relações entre variáveis. Dentre as descritivas, aquelas que têm por objetivo estudar as características de um grupo, salientam-se devido à preocupação em identificar sua distribuição por idade, sexo, nível de escolaridade, dentre outras. Algumas pesquisas descritivas vão além da simples identificação da existência de relações entre variáveis, e pretendem determinar a natureza dessa relação (Gil, 2010). Em um segundo momento o estudo assumiu uma posição de pesquisa descritiva, pois os dados foram coletados a partir de um público e região definido.

O método comparativo procede pela investigação de indivíduos, classes, fenômenos ou fatos, com vistas a ressaltar as diferenças e similaridades entre eles. (Gil, 2008).

No capítulo em que os esteriótipos são abordados, realizou-se uma pequena pesquisa com a gestora da Fitarelli de forma a entender o que ela vivenciou na África e quais suas expectativas sobre a Costa do Marfim, realizando um comparativo com a perspectiva dos entrevistados nativos perante suas afirmações, essas perspectivas são expostas nos capítulos que seguem o dos estereótipos.

Nas ciências sociais, a aplicação do método de pesquisa explicativa, reveste-se de inúmeras dificuldades, razão pela qual ela recorre também a outros métodos, sobre tudo ao observacional (GIL, 2010).

Com este conceito em mente, Gil (2010) ainda defende que o propósito deste tipo de pesquisa alicerça-se em identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos, sendo assim, essas pesquisas são as que mais se aprofundam do conhecimento da realidade. A fase final da pesquisa caracterizou-se pelas conclusões que o estudo proporcionou.

Objetivando a obtenção das informações e dados para o presente estudo, as pesquisas se formaram por meio de dados fornecidos pela empresa, bem como por pesquisas bibliográficas e em sites do setor principalmente, que se referem à Costa do Marfim, apoiando o entendimento e clareza dos dados.

As pesquisas também envolveram um representante comercial da empresa, que hoje reside em São Paulo e representa a empresa na América do sul. MEITE Hamadou é natural da Costa do Marfim, e contribuiu de forma notória para o êxito do estudo, através de seu contato foram contatados Chantal Durpoix e DADIÉ Christian.

Chantal Durpoix, francesa, professora acadêmica, trabalha com cinema e está idealizando um filme sobre os costumes de alguns países da África em comparação com Salvador/BA apresentou seu conhecimento sobre os costumes

da África e auxiliou na contatação de quinze alunos de comércio exterior que são nativos da Costa do Marfim, estes muito contribuíram com seus conhecimentos e aspirações sobre o país.

DADIÉ Christian, costa marfinense, responsável pedagógico de uma distribuidora em São Paulo/SP, somou ao presente estudo seu conhecimento de nativo à nação e acrescentou pontos fundamentais a exposição dos resultados.

Sendo assim, entende-se que o estudo apoiou-se em pesquisas qualitativas e descritivas, além de entrevistas com dezenove pessoas.

As pesquisas delongaram-se durante o período de 15 de maio de 2015 a 17 de junho de 2015, totalizando assim 34 dias, onde os entrevistados receberam um questionário elaborado pelos estudantes, revisto pelo orientador e aprovado, também, por ele. Também houve entrevistas com discussões abertas sobre diferentes temas do estudo, essas foram realizadas através da ferramenta de bate-papo virtual Skype somente com o Sr. MEITE, os demais questionários foram enviados via e-mail eletrônico de forma a facilitar e agilizar as informações, sabendo que o estudo abrange uma cultura, até então desconhecida pelos estudantes, os mesmos optaram por não realizar as pesquisas com entrevistas de áudio e vídeo.

É importante salientar que todas as vezes que os nomes dos entrevistados africanos aparecerem, no delongar desta pesquisa, os mesmos foram apresentados em letras maiúsculas, como forma de respeito aos costumes africanos, que ditam que não citar os primeiros nomes em letra maiúscula representa falta de respeito com o indivíduo e seus ancestrais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a realização de pesquisas foi possível chegar a algumas conclusões, embora ainda não suficientes para conhecer plenamente todos os aspectos culturais pertinentes àquela região, a Costa do Marfim.

Um primeiro foco a bordado é quanto a real possibilidade da inserção da Fitarelli na Costa do Marfim, a partir e seu produto. Pode-se afirmar que há uma possibilidade de mercado para comercialização de suas plantadeiras manuais, devido a diversas premissas que se fizeram concretas durante a execução deste estudo.

A primeira premissa tomada como verdadeira é que os consumidores ebúrneos enfatizavam sua famílias bem como as empresas familiares, através das entrevistas realizadas e pesquisas bibliográficas essa pré-visão foi plenamente confirmada, o que significa que perante o mercado consumidor ivoriano, a Fitarelli tem um diferencial que pouquíssimas empresas conseguiriam galgar visto que seus concorrentes diretos em solo brasileiro não são constituídos puramente de famílias na gestão.

Segundo, a Costa do Marfim apresenta uma economia baseada em sua majoritariedade na agricultura. Em um primeiro momento acreditou-se que os negócios da empresa no país entrariam em cheque, pois as culturas de cacau e café, ponto fortes da economia, independem de ferramentas, tais como a Fitarelli fabrica. Contudo esse pensamento de falha se desestruturou quando, na pesquisa, descobriu-se que o Governo do país estava incentivando o cultivo de novas culturas, como o milho e a soja. Caso o Governo continue investindo nessas e noutras culturas, há uma possibilidade de mercado.

No mercado consumidor pouco estruturado para os produtos Fitarelli, acredita-se que os incentivos do governo tendem a balancear a balança comercial daquele país, assim sendo, possibilitando a empresa sua inserção de maneira efetiva no mercado. Há, contudo, a barreira das diferenças culturais entre o Brasil e a Costa do Marfim.

No decorrer deste estudo diversos pontos ligados a negociação e as rotinas diária foram abordados, com nativos costa marfinianos e brasileiros, que possibilitaram a identificação de parâmetros culturais que a empresa deve atentar em sua inserção no mercado.

Para ilustrar e balizar os estudos se realizou uma pequena entrevista com a gestora da empresa para entender melhor quais foram suas surpresas perante os costumes ebúrneos e qual é a visão dos nativos do país em detrimento a essas colocações. Dessa forma alguns pontos foram encontrados, a Figura 1 apresenta uma contextualização dos pontos questionados.

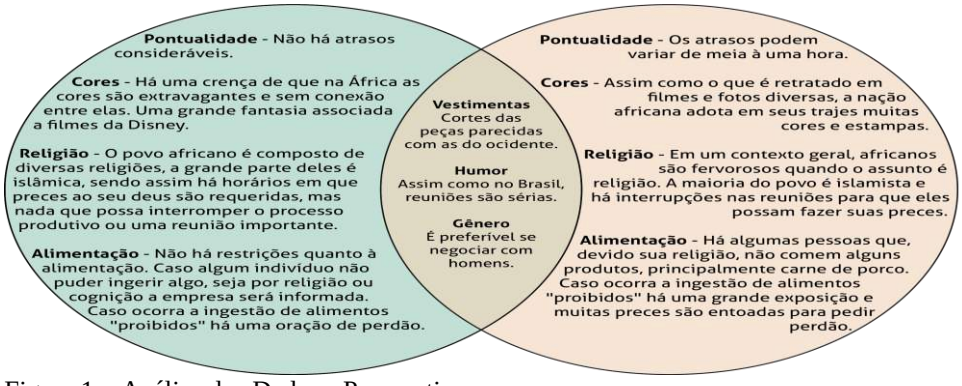


Figura 1 – Análise dos Dados - Perspectivas

- Pontualidade: a gestora afirma que houve atrasos na maioria das reuniões agendadas, cerca de meia a uma hora, o que foi um ponto em desacordo com os conceitos dos entrevistados, que apresentam uma realidade em que não deve haver atrasos em reuniões corporativas.

- Gênero: Ambos os lados citaram que as mulheres não fazem parte do contexto corporativo atual. Existem negociações em que mulheres fazem-se presentes, todavia não são corriqueiras.

- Vestimentas e Cores – Outro ponto em discrepância entre os entrevistados. A gestora da Fitarelli afirma que as cores utilizadas nas vestimentas são extremamente coloridas e personificam os personagens retratados em filmes ou desenhos, onde muitas cores são utilizadas de maneira descontrolada. Contudo os entrevistados nativos afirmam que as cores utilizadas nas peças de roupa são usuais aos ocidentais e que todo o carnaval de cores retratado em filmes e séries é uma grande fantasia, ala Disney. Um ponto em comum entre os entrevistados é o fato de todas as roupas serem parecidas com as dos brasileiros.

- Humor: Sobriedade rege as reuniões de negócio, indiscutivelmente, o ponto de maior concordância entre todos os entrevistados.

- Religião/Rituais: Pontos de contraste total entre as partes. Os nativos da Costa do Marfim acreditam que há algumas representações religiosas, contudo que essas não afetariam um contexto empresarial de tal forma a gerar prejuízos aos envolvidos devido às porções de fanáticos serem pouquíssimas. A gestora da empresa Fitarelli acredita que o contexto exposto pelos demais entrevistados é fantasiosa e romântica, pois no pouco período que passou em terras africanas presenciou diferentes manifestações de enaltecimento as entidades religiosas que fazem parte do contexto do continente. A afirmação sustenta-se, também, no fato de um dos entrevistados, nativo da Costa do Marfim, desta pesquisa interromper uma reunião para que pudesse se concentrar em suas preces.

- Alimentação: Devido as diferentes religiões do continente e do país, alguns alimentos não podem ser consumidos por algumas pessoas. O cenário apresentado por ambas as partes é a de que, salvo os fanáticos, não há grandes restrições alimentares.

Destaca-se que toda pesquisa deve ser contínua, não há exceções para este estudo, dessa forma cabe salientar que mudanças ocorrerão e os preceitos repassados neste estudo entrarão em estado de defasagem. As necessidades bem como os objetivos da gestão da empresa, também, modificar-se-ão e as informações contidas na pesquisa que se apresenta não serão pertinentes. Quanto ao presente trabalho, conforme apresentado na metodologia, as informações foram obtidas por meios eletrônicos e de entrevistas feitas na empresa, as informações coletadas sofreram um análise e um comfrontamento em alguns pontos.

As considerações que podem ser realizadas a partir das informações coletas sobre a conjuntura social, política e econômica da Costa do Marfim é a de que o país é uma das nações mais prósperas no cenário africano. Seu destaque na produção de cacau possibilitou o crescimento e a visibilidade dela perante o mundo. Suas estruturas sociais quanto a faixas etárias evidencia um grande número de adultos o que significa uma estruturação econômica eminente, pois se acredita que os adultos vêm com ideias mais contextualizadas da atualidade.

A inserção da Fitarelli na Costa do Marfim, como observado, é possível, pois os incentivos do governo estão facilitando, cada vez mais, o cultivo de novas culturas que podem ser benéficas para o comércio de plantadeiras manuais, produto esse que a empresa anseia internacionalizar. Mas no contexto cultural a empresa estaria preparada? Essa foi a questão que este estudo pretendeu responder.

No que concerne a estereótipos culturais verificou-se que a gestora da empresa possui uma visão clara sobre seus preceitos e conceitos formados a partir da visita que realizou ao continente africano. Esses conceitos foram de suma importância para a condução desse estudo, pois a partir deles as questões do questionário foram desenvolvidas de forma a compreender o maior número de pontos possíveis que a gestora apontou.

A partir da análise dos questionários chegou-se a alguns princípios tomados como verdade pelos nativos ou familiarizados com os costumes do país ebúrneo. Como analisado anteriormente, diferentes pontos de vista foram apresentados possibilitando uma visão de todos os preceitos apontados pelos entrevistados. Apesar da discrepância entre os personagens desta pesquisa, algumas conclusões puderam ser desenvolvidas e sugeridas a empresa.

Conclui-se que a empresa deve acreditar em seu potencial e investir na ideia de internacionalizar seu produto para a Costa do Marfim, não obstante precisa estar ciente que alguns pontos em suas atitudes podem concretizar a realização de um negócio além de duradouro, que resulte em lucros palpáveis. Para tanto se sugere que no que concerne à pontualidade os gestores brasileiros não se atrasem, pois deixar um nativo esperando pode prejudicar uma negociação, apesar das informações de que atrasos não ocorrem, acredita-se que grande porção dessa afirmação, assim com algumas que seguem, parte de um nacionalismo ferrenho que pode modificar a veracidade das informações.

As informações coletadas a cerca de negociações com mulheres deixa claro, que preferencialmente, o representante da empresa deve ser do sexo masculino, essa alteração possibilitará grande oportunidades visto que os nativos não creem que mulheres possuam a mesma importância que os homens.

Como as cores são importantes para o público africano, deve-se prestar atenção ao que se veste para que não prejudique as decisões dos nativos. Como as vestimentas são parecidas com as brasileiras o único quesito que merece atenção são as cores que apresentam diferentes significados. Ser sério em reuniões sem ser antipático é a chave para o

sucesso de todo o processo de negociação, brincadeiras não serão toleradas e toda uma conjuntura pode ser desfeita por um comentário infortuno.

As manifestações religiosas irão ocorrer, não fica claro se em pouca ou grande quantidade, mas a empresa deve estar ciente das ocasiões onde envolvidos em negociações retirar-se-ão para entoar suas preces, de forma alguma esse ato de forma alguma deve ser visualizado como desrespeitoso ou antiético, pois os costumes dos envolvidos na negociação pode exigir essa conduta.

Percebe-se que apesar das ricas informações que foram coletadas no decorrer desta pesquisa, o processo de negociação e as condutas diárias são ainda cheio de lacunas que só poderão ser sanadas a partir do convívio com nativos ou com o contato direto com o país. Uma pesquisa de campo deve ser realizada pelos gestores da empresa para que haja uma assertividade nos processos e nas decisões, principalmente se, no futuro, a empresa anseia instalar-se fisicamente na Costa do Marfim. Este estudo não é suficiente para a concretização plena de negociações com o país ebúrneo cabe à empresa tomar a frente e visitar o contexto ivoriano.

5. REFERENCES

Cavusgil, T.; Knight, G.; Riesenberger, J. Negócios Internacionais – estratégias, gestão e novas realidades. São Paulo: Printice Hall, 2010.

Ethonologe. Línguas mundiais. Disponível em: <http://www.ethnologue.com/>. Acesso em: 01 de set. de 2017.

Gil, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Gil, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo. Atlas, 2010.

Hellern, V.; Notaker, H.; Gaarder, J. O Livro das religiões. São Paulo: Cia das Letras, 2001.

Hernández, P. A. C., Et Al. A influência das barreiras culturais nas estratégias de venda de empresas exportadoras brasileiras – um estudo sobre exportações para a índia. Curitiba, 2003.

Keegan, W. J. Marketing global. 7. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

Lordelo, E. R. A Psicologia evolucionista e o conceito de cultura. Estudos de Psicologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte Natal, Brasil, v. 15, n. 1, enero- abril, pp. 55-62, 2010.

Ludovico, N. Como preparar uma empresa para o comércio exterior. São Paulo: Saraiva, 2009.

Minervini, N. O Exportador - Ferramentas para Atuar com Sucesso no Mercado Internacional. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2009.

Minervini, N. O Exportador – Ferramentas para atuar com sucesso nos mercados internacionais. 4.ed. São Paulo: Prince Hall, 2005.

Muylaert, R. Marketing Cultural & Comunicação Dirigida. Globo. São Paulo, 1993.

Nietzsche, F. *Crepúsculo dos ídolos*. São Paulo: Cia das Letras, 2006.

Oliveira, D. de. Manual de Consultoria Empresarial - Conceitos, Metodologia, Práticas. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

Proença, R. P. Da C.. Alimentação e globalização: algumas reflexões . Florianópolis: EDUFSC, 2005 (Série Nutrição)

Tooby, J.; Cosmides, L. As fundações psicológicas de cultura. São Paulo: Prince Hall,1995.

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

AGRONOMIA

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO SUBMETIDO À DIFERENTES FONTES QUÍMICAS DE FÓSFORO CULTIVADO EM SOLO ÁCIDO SOB CASA DE VEGETAÇÃO

Alessandro Vinícius Colussi
Flávia Regina Biazus
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
alessandro_colussi@hotmail.com, flavia-biazus@hotmail.com
Carine Rempel
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
carine.rempel@gmail.com
Claudinei Zulian
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
claudineizulian@hotmail.com
Cleber Antônio Picoli
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
c.picoli@yahoo.com.br
Jardel Antônio Senhori
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
jardel_senhori@hotmail.com
Marcos Antonio Betotti
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
marcos@nortox.com.br
Antônio Sergio do Amaral
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
asamaral@uricer.edu.br
Amito José Teixeira
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
amito@uricer.edu.br
Jardes Bragagnolo
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
jardes@uricer.edu.br
Paulo Sérgio Gomes da Rocha
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil
rocha@uricer.edu.br.

Alessandro Vinícius Colussi, Flávia Regina Biazus, Carine Rempel, Claudinei Zulian, Cleber Antonio Picolli, Jardel Senhori, Marcos Antônio Bertotti Antônio Sergio do Amaral.
Desenvolvimento do milho submetido à diferentes fontes químicas de fósforo cultivado em solo ácido sob casa de vegetação.

Resumo. *O presente trabalho avaliou o crescimento inicial do milho em diferentes doses e fontes de adubação química fosfatada em solo ácido. Foram avaliados 3 tratamentos: Testemunha, Super Fosfato Triplo e Top-Phos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos com cinco repetições. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. As variáveis avaliadas foram altura da planta, diâmetro de colmo e matéria seca da parte aérea e raiz. O resultado surpreendeu no sentido de que esperava-se que o Top Phos, por representar uma inovação tecnológica contendo em sua estrutura uma molécula orgânica que se liga ao fósforo através de uma ponte metálica, impedindo sua reação com Alumínio, Ferro e outros componentes do solo, apresentasse melhor resultado do que o SFT, principalmente em solo ácido. No caso de SFT, que representa a forma tradicional de adubação fosfatada, o resultado também surpreendeu, porém, positivamente, pois mesmo em solo ácido, o resultado foi muito bom. Com base nos resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que as duas fontes de fósforo testadas não apresentaram diferença estatística entre si, somente em comparação com a testemunha. Os autores sugerem que o experimento seja realizado em condições de campo para então analisar e discutir com mais dados a eficiência desses fertilizantes.*

Palavras-chave: *adubação fosfatada, crescimento inicial, variáveis analisadas.*

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da renda de países emergentes tem levando ao aumento de consumo mundial de proteína animal, mercado no qual o milho se destaca como principal insumo das rações. Assim, mesmo sem considerar as potencialidades do etanol de milho, o fato é que o mundo demandará ainda mais o cereal nas próximas décadas (MIRANDA et al, 2014).

Para suprir a demanda imposta pela vasta utilização desta cultura, Yamada (2006) ressalta que há vários fatores que podem ser levados em consideração para o aumento da produtividade de uma cultura, como o material a ser utilizado, as condições de solo, ambiente e o método de aplicação dos insumos que estarão disponíveis para a planta durante seu ciclo produtivo. Um desses aspectos é o uso de fertilizante ideal que venha a suprir as necessidades minerais da planta.

Neste contexto, dentre os nutrientes a serem disponibilizados para as plantas através da dosagem de fertilizantes no solo o fósforo (P) por ser um elemento essencial para o desenvolvimento da cultura do milho (BARROS et al 2017). Fertilizantes fosfatados proporcionam baixa eficiência na utilização por plantas, em virtude das altas taxas de adsorção que ocorre nos solos, ocasionando a adição de doses cada vez maiores, para atender à necessidade das culturas. Desse modo, o manejo correto da adubação fosfatada, considerando aspectos como fonte e capacidade de adsorção de solos, é fundamental para aumentar a disponibilidade de fósforo às plantas (BARROS et al 2017).

Segundo Coelho (1973) o fósforo se concentra principalmente nas flores e frutos. Também afirma que a quantidade de fósforo em forma disponível no solo acelera a formação e maturação dos furtos. As plantas bem nutridas em fósforo resistem mais às doenças, provavelmente porque ele contribui para melhor constituição das células.

A deficiência do fósforo limita a produtividade do milho, cuja cultura é mais exigente a fósforo por ocasião da formação e desenvolvimento dos grãos, contribuindo para a formação de espigas mal formadas, tortas e com falhas, maturação retardada e desuniforme (LUCENA et al. 2000)

Portanto, objetivou-se com esse trabalho, verificar o efeito de duas fontes químicas de fertilizantes fosfatados no desenvolvimento inicial do milho cultivado em solo ácido sob condições de casa de vegetação.

2. METODOLOGIA

O experimento foi realizado em casa de vegetação, na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Campus II. Para a realização do estudo um delineamento experimental inteiramente casualizado foi utilizado. Os tratamentos foram constituídos pelo T1 (Testemunha – sem P), T2 (com SFT) e T3 (TOP-PHOS), sendo realizada cinco repetições para cada tratamento. O Super fosfato triplo (SFT) utilizado continha 46% de P_2O_5 e 10% de Ca, já a formulação do fertilizante TOP PHÓS utilizado continha 1%, 28%, 0%, 17% e 5% respectivamente de N P_2O_5 K_2O Ca e S.

As unidades experimentais foram constituídas por balde de plástico de 5 L de solo. Amostras de um Latossolo Vermelho Alumínico Férrico foram coletadas em área cultivada com erva mate. As amostras foram retiradas da camada de 0-20 cm, posteriormente foram secadas ao sol, peneiradas e condicionadas nas unidades experimentais. As características químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Características químicas do solo antes da aplicação dos tratamentos:

ARGILA	pH (H_2O)	SMP	P	K	MO	Al	H + Al	Ca	Mg	V	CTC
(%)			mg dm^{-3}		(%)	$cmol_c$ dm^{-3}				(%)	(%)
62	4,7	5,4	2,3	198	2,3	0,2	1,12	6,84	1,48	63,64	13,9

A semeadura foi realizada no dia 17/04/2017, distribuindo-se 3 sementes de milho em cada unidade experimental. Posteriormente, após a emergência, deixou-se apenas uma planta por vaso. A dose de P_2O_5 utilizada foi de 150 kg ha^{-1}, sendo que considerando a concentração de P_2O_5 no SFT de 46% a dose correspondeu a 326 kg ha^{-1}, já o Top Phos considerando a concentração de 28% a dose correspondeu a 536 kg ha^{-1}. Assim, a quantidade de cada fertilizante utilizada nos baldes foram de acordo com a área do balde e equivalente a dose de cada fertilizante por hectare. No caso do SFT foram 3,2g e de Top Phos foram 5,3g por unidade experimental. Para uniformizar os teores de Nitrogênio e de Potássio aplicou-se em todos os tratamentos o equivalente a 30 Kg de N e 60 Kg de K_2O.

A emergência ocorreu 7 dias após a semeadura e o desbaste foi feito após 7 dias, quando deixou-se apenas uma planta por vaso. A coleta da parte aérea foi realizada em 03/06/2017 para a determinação de altura da planta, diâmetro de colmo e matéria seca da parte aérea e raízes. As plantas de cada balde foram colocadas em sacos de papel e postas para secagem a estufa à 60 °C, por 48 horas para determinar a massa seca da parte aérea e das raízes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, são apresentados os resultados das variáveis diâmetro de colmo e altura das plantas, ambas apresentaram resultados não significativos para os tratamentos T2 e T3, demonstrando que as duas dosagens avaliadas neste estudo auxiliaram no desenvolvimento inicial para as plantas. Essa melhora no desenvolvimento da planta deve-se a absorção de fósforo, que de modo geral se processa com grande intensidade nos primeiros estágios de desenvolvimento das plantas (COELHO, 1973). A análise estatística somente apresentou resultados significativos quando realizou-se a comparação dos tratamentos T1 e T2 em relação ao T1, tratamento sem dosagem de fertilizante.

Tabela 2 – Valores encontrados para as variáveis diâmetro de colmo e altura das plantas. Média de cinco repetições.

Tratamentos	Diâmetro de Colmo	Altura de Planta
	Cm	
Testemunha	6,62 b	6,59 b
SFT	18,73 a	27,38 a
Top Phos	20,37 a	28,32 a
Média	15,24	20,76
C.V. (%)	8,22	5,1

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si através do teste de Tukey ao nível de 5%. Coeficiente de Variação (CV).

Em relação às variáveis matéria seca da parte aérea e das raízes, as duas também apresentaram resultados não significativos estatisticamente conforme (Tabela 3) para os tratamentos T2 e T3. Expressando valores muito próximos em relação as duas doses diferenciando-se da testemunha (T1), onde apresentou um déficit em seu desempenho.

Tabela 3 – Valores encontrados para a variável matéria seca (parte aérea e raízes). Média de cinco repetições.

Tratamentos	Matéria Seca	
	Parte Aérea	Raízes
	g $planta^{-1}$	
Testemunha	0,52 b	0,77 b
SFT	7,93 a	4,81 a
Top Phos	9,66 a	4,84 a
Média	6,04	3,47
C.V. (%)	25,75	47

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si através do teste de Tukey ao nível de 5%. Coeficiente de Variação (CV).

Esses resultados condizem com o proposto por Coelho (1973), onde o fósforo tem grande efeito no desenvolvimento do sistema radicular, estimulando a formação e crescimento das raízes, de modo geral, especialmente das raízes secundárias. Assim as plantas podem explorar maior volume de solo e suportar melhor a falta de água. Por outro lado, os resultados demonstram a eficiência das duas fontes fosfatadas que mesmo em solo ácido possibilitaram uma boa resposta das plantas de milho.

Porém, o resultado surpreende no sentido de que esperava-se que o Top Phos, por representar uma inovação tecnológica contendo em sua estrutura uma molécula orgânica que se liga ao fósforo através de uma ponte metálica, impedindo sua reação com Alumínio, Ferro e outros componentes do solo, apresentasse melhor resultado que o SFT, principalmente em solo ácido. No caso do SFT, que representa a forma tradicional de adubação fosfatada, o resultado também surpreende, porém, positivamente, pois mesmo em solo ácido, o resultado foi muito bom.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi conduzido, concluiu-se que as duas fontes de fósforo testadas não apresentaram diferença estatística entre si, somente em comparação com a testemunha.

Os autores sugerem que o experimento seja realizado em condições de campo para então analisar e discutir com mais dados a eficiência desses fertilizantes.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI Campus de Erechim.

6. REFERÊNCIAS

BARROS, I.B., SILVA, T.V., VELOSO, C.A. C., SILVA, A.R., CARVALHO, E.J.M. and REIS, I.M.S., 2017. “Altura de plantas de milho adubadas com diferentes fontes e doses de fósforo”. In *XXXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.* Belém – Pará, Brazil.

COELHO, F.S., 1973. *Fertilidade do solo*, Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola.

LUCENA, L. de F. C. et al. 2000. “Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Vol.4, n.3, p.334-337.

MIRANDA, R. A.; LÍCIO, A. M. A., 2014. *Diagnóstico dos Problemas e Potencialidades da Cadeia Produtiva do Milho no Brasil*. Sete Lagoas – MG. Documentos/Embrapa Milho e Sorgo. 102p.

YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.e., 2006. “Estratégias de Manejo para Alta Produtividade do Milho”. *Revista Informações Agronômicas,* n.113, p.01-08.

7. RESPONSIBILIDADE

OS AUTORES SE RESPONSABILIZAM PELO TEXTO INCLUÍDO NESTE ARTIGO.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PRODUTIVIDADE DA AVEIA PRETA COM ADUBAÇÃO QUÍMICA E ORGÂNICA EM DIFERENTES TRATAMENTOS

Mauricío Berton
Amito José Teixeira
Ariel Bandieira
Elias Cara Zen
Enéias Woidyla
Josieli Fátima Vesoloski
Luciane Maria Ziger Witoslawski
Matheus Luis Zulian
Murilo João Ramos
Tailan Ogimbovski

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

maurícioberton@hotmail.com; amito@uricer.edu.br; arielbandieira@gmail.com; eliascarrazen@hotmail.com; ewoidyla@gmail.com; josy_vesoloski@hotmail.com; luci_ziger@hotmail.com; ; matheus-luis@hotmail.com; murilojoaoramos@gmail.com; tailanogimbovski@gmail.com;

Resumo: *Ao estabelecer o trabalho, objetivou-se avaliar a adubação química e orgânica, visando obter maior rendimento na produção de matéria verde e matéria seca da pastagem de aveia preta (Avena strigosa Matsuda). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. Utilizou-se a densidade de 150 kg ha^{-1} de aveia preta matsuda. Os tratamentos aplicados foram: T1 testemunha sem nenhuma aplicação; T2 Piratini™ da fórmula (08-24-12) na dose de 150 kg ha-^{1}; T3 lodo (rejeito da produção de farinha de carne) na dose de 6875 kg ha^{-1}; T4 aplicado ureia Piratini™ da fórmula 45- 00-00 na densidade de 150 kg ha^{-1} e T5 aplicação de adubação química Heringer™ da fórmula 46- 00-00 na densidade de 180 kg ha^{-1}. O corte foi realizado quando as plantas estavam com aproximadamente 30 cm, com auxílio de uma tesoura manual, em um quadrado de 40 cm x 40 cm, procurou-se deixar um resíduo de aproximadamente 10 cm. Fez-se então a determinação da matéria verde em 0,16 m2. Posteriormente foi pesado em torno de 30g de cada material e deixou-se na estufa a 60°C por 24 horas e após a 105°C por mais 2 horas para a determinação da matéria seca.. Conclui-se que a melhor produtividade de matéria verde e matéria seca de aveia preta foi a aplicação da adubação orgânica, seguido pela ureia com maior concentração, em seguida pelas outras adubações químicas, ficando assim a testemunha com a menor produtividade.*

Palavras-Chave: *Gramínea, matéria verde, matéria seca.*

1. INTRODUÇÃO

Aveia é uma gramínea anual pertencente à família Poaceae, tribo Aveneae e gênero Avena. Tal gênero compreende várias espécies silvestres, daninhas e cultivadas distribuídas em seis continentes (Gutkoski & Pedó, 2000).

A organização e a busca pela excelência na produção visando altas produtividades são a ideologias contemporâneas de agronegócio. A gestão e planejamento na organização para criação de animais depende da boa instalação das pastagens com balanceamento de oferta de alimentos de boa qualidade nutritiva.

A pastagem é a principal fonte de alimento volumoso para bovinos, sendo que esta tem declínio no inverno. No entanto é nessa época que existem nas áreas de lavoura sob sistema plantio direto a possibilidade do plantio de forragens, as quais podem predominar, entre outros cultivos, a aveia. Desse modo, é possível aliar a rotação de culturas, cobertura de solo e alimentação ao gado (Moraes et al. 2011). A cultura da aveia preta (Avena sp.) é uma das principais opções para cultivo na estação fria, especialmente na região sul do Brasil (Hartwing et al., 2006).

A aveia preta, pode ser utilizada de várias maneiras, sendo elas, cobertura de solo, colheita de grãos, pastoreio para gado bovinos, fenação e ensilagem.

A adubação orgânica e química do solo tem como objetivo principal manter ou aumentar a quantidade de nutrientes do solo, de tal forma que suas deficiências, em virtude da natureza do material de origem, do clima e do manejo, sejam sanadas.

O presente trabalho teve por objetivo, avaliar a produção de matéria verde e seca da aveia preta adubada com três tipos adubação química e adubação orgânica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o experimento foi utilizado a cultivar de aveia preta (*Avena strigosa)* Matsuda. O seu cultivo é indicado para solos que apresentem médios e altos níveis de fertilidade, solos bem drenados. Seu crescimento apresenta uma forma cespitosa e ereta, com aproximadamente 1m de altura, apresentando ótima digestibilidade, uma palatabilidade muito boa e um teor de protéico entre 13 a 15% na MS, tendo assim um ótimo aproveitamento e elevado rendimento animal. Requer uma precipitação pluviométrica acima de 700 mm anuais, tendo uma boa tolerância a períodos de estiagem. Tem uma tolerância media ao frio e pode ser consorciada com ervilhaca e trevo (Aveia Preta, Matsuda, 2017)

Os cuidados para o plantio são profundidade de 2 a 4 cm, tendo um ciclo vegetativo anual em torno de 160 dias, variando principalmente de acordo com o período do plantio. Sua produção estimada é de 5 a 8 t de MS ha ano^{-1}. A cultivar é de origem Européia (Aveia Preta, Matsuda, 2017)

O experimento foi conduzido na propriedade de Ariel bandeira no interior do município de Paulo Bento/RS, em solo classificado como Latossolo Vermelho alumino férrico típico.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e 4 repetições, sendo as parcelas de 2 metros de comprimento por 2 metros de largura.

Após a delimitação das parcelas foi realizada a semeadura de aveia (Matsuda) na densidade de 150 kg ha^{-1} no dia 16 de abril de 2017. Decorridos 39 dias da semeadura foi realizado o primeiro corte do material deixando-se um resíduo de aproximadamente 8 cm, e após fez-se as aplicações dos tratamentos, sendo o T1 testemunha sem nenhuma aplicação. Foi aplicado em T2 - adubo Piratini™ da fórmula (08-24-12) na dose de 200 kg ha^{-1}; T3 - lodo (rejeito da produção de farinha de carne) na dose de 6875 Kg ha^{-1}; T4 - aplicou-se ureia Piratini™ da fórmula 45- 00-00 na dose de 150 Kg ha^{-1} e em T5 aplicou-se adubação química Heringer™ da fórmula 46- 00-00 na dose de 180 Kg ha^{-1}.

O corte para medição da matéria seca foi realizado dia 20/06, 26 dias após a aplicação dos tratamentos. Os cortes para coleta foram realizados utilizando-se uma área de 0,16 metros quadrados. Realizou-se os cortes com tesoura manual, na região central de cada parcela, procurando simular o pastejo, deixando-se portanto um resíduo de aproximadamente 8cm. Após o corte da aveia ucraniana, o material foi encaminhado para o laboratório de Botânica do Campus II da Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões URI - Campus Erechim. Visando estimar a matéria verde, o material foi pesado em balança de precisão e os valores anotados. Já para obtenção da produção de matéria seca o material pesado foi então secado em estufa por 24 horas a temperatura de 60ºC, e mais 4 horas a temperatura 105 ºC e pesados novamente, para determinação da MS. Todos os valores de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) obtidos em na área do experimento foram extrapolados para 1 ha.

Procedeu-se a análise de variância, com a aplicação do teste de médias Tukey a 5% de probabilidade de erro para diferenciação entre os tratamentos dos atributos avaliados. Para efetuar a análise estatística foi utilizado o pacote estatístico ASSISTAT (Assistat, 2017)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados estão discriminados (Tabela 1) de acordo com as variáveis respostas analisadas (materia verde e matéria seca).

Tabela 1 – Produção de Materia verde e seca da aveia preta (Matsuda) submetida a diferentes tipos de adubação química e orgânica.

TRATAMENTOS	MV Kg ha^{-1}	MS Kg ha^{-1}
1	7799,37 e	1308,34 e
2	11763,12 d	1953,87 d
3	25392,50 a	4188,10 a
4	17060,63 c	2731,60 c
5	22367,50 b	3598,69 b
CV (%)	**3,23**	**4,45**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado teste de Tukey ao nível de 5% de erro.

Com base nos resultados de matéria verde observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados. Analisando os dados que foram obtidos (Tabela 1), verifica-se que o melhor e mais produtivo dos tratamentos para matéria verde, foi o tratamento 3, com adubação orgânica (lodo). Em seguida ficou o tratamento 5 com ureia em concentração de 46 % de nitrogênio. Os resultados que apresentaram um menor rendimento de matéria verde, foi o tratamento 2, com uma aplicação de (NPK), por fim o tratamento 1apresentou a menor produção. Para matéria verde, os dois melhores tratamentos foram o 3 e o 5, sendo que o tratamento 3 apresentou 11,9% de produtividade maior que o tratamento 5. O tratamento 5 apresentou produtividade de matéria verde 65% superior ao tratamento testemunha. Já os tratamentos 2 e 4 apresentaram valores médios acima da testemunha, porém pouco satisfatórios quando comparados ao tratamento 3 e 5. O tratamento 2 produziu 33% de matéria verde acima da produtividade testemunha e o tratamento 4 ficou com aproximadamente 54% de produtividade superior a testemunha. Houve diferença entre os tratamentos 2 e 4, sendo que o 4 apresentou melhor resultado, ficando com aproximadamente 31% superior ao tratamento 2.

No que se refere a matéria seca, verificou-se a partir dos dados estatísticos apresentados na tabela 1, que o tratamento mais produtivo foi o tratamento 3 (lodo, adubação orgânica), seguido pelos tratamentos 5 e 4, que foram de ureia com diferentes concentrações. O tratamento 5 foi aquele com ureia em maior concentração de N e uma maior dose por hectare (180 kg ha^{-1}). Os tratamentos que apresentaram resultados menos satisfatórios foram o 2 seguido pelo 1.

Primavesi et al. (2006) avaliaram cultivares de aveia, em São Carlos (SP), adubadas com 250 kg ha^{-1} da fórmula 10-30-10 e 20 kg ha^{-1} de N em cobertura no perfilhamento, e obtiveram, para as cultivares Preta Comum, IAPAR 61, IPR 126, FAPA 2 e FUNDACEP FAPA 43, aos 41, 37, 41, 39 e 48 dias após a emergência (DAE), produção de forragem de 724 kg ha^{-1}, 989 kg ha^{-1}, 1.176 kg ha^{-1}, 1.170 kg ha^{-1} e 1.433 kg ha^{-1} de massa seca, respectivamente.

Sá et al. (2006) observaram que as cultivares Preta Comum, IAPAR 61, IPR 126, FAPA 2 e FUNDACEP FAPA 43 produziram, respectivamente, 1.251 kg ha^{-1}, 1.095 kg ha^{-1}, 1.040 kg ha^{-1}, 921 kg ha^{-1} e 818 kg ha^{-1} de massa seca, no segundo corte.

Scheffer-Basso et al. (2001) avaliaram a cultivar Preta Comum, aos 31 dias após a rebrota do segundo corte, em Passo Fundo (RS), e, utilizando 300 kg da fórmula 5-25-25 no plantio e 30 kg ha^{-1} de N no perfilhamento e após cada corte, obtiveram 628 kg ha^{-1} de massa seca.

Noro et al. (2003) obtiveram, com as cultivares Preta Comum e IAPAR 61.586 kg ha^{-1} e 677 kg ha^{-1} de massa seca, respectivamente, aos 34 dias da rebrota do segundo corte, em Ibirubá (RS), utilizando 250 kg ha^{-1} da fórmula 5-20-20 e 25 kg de N no perfilhamento e após cada corte.

Matzenbacher (2001), com corte único no florescimento, obteve, para a cultivar FAPA 2, produção de 12.970 kg ha^{-1} de massa seca.

Em relação a matéria seca sobre os dois melhores tratamentos o tratamento de lodo ficou com melhor resultado sendo ele de aproximadamente 4188 kg de MS ha, sendo este cerca de 14% maior que o melhor tratamento de ureia.

4. CONCLUSÕES

A aveia preta é uma excelente alternativa para alimentar de bovinos.

A maior produtividade de matéria verde e seca da aveia preta foi obtida com a aplicação da adubação orgânica lodo (rejeito da produção de farinha de carne), seguido pela ureia com maior concentração.

Os resultados do tratamento testemunha provaram que a adubação química e orgânica aumentam as produções de matéria verde e seca da aveia preta. Assim tanto a adubação orgânica quanto química são essenciais para se obter uma maior produtividade da aveia.

5. REFERÊNCIAS

Aveia Preta, Matsuda. [online] Disponível em http://www.fag.edu.br/upload/revista/seagro/583489c7eb021.pdf. Acessado em 27/06/17

Aveia Preta, Matsuda. [online] Disponível em: http://www.matsuda.com.br/Matsuda/Web/Sementes/Default.aspx?varSegmento=Sementes&lang=pt-BR. Acessado em 27/06/17

Matzenbacher, R. G. Ensaio de aveias brancas de duplo-propósito na Fundacep, Cruz Alta, RS, em 2000. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 21., 2001, Lages. Resultados experimentais... Lages: UDESC, 2001. p. 178-183.

Noro, G.; Scheffer-Basso, S.M.; Fontaneli, R.B.; Andreatta, E. Gramíneas anuais de inverno para a produção de forragem: avaliação preliminar de cultivares. Agrociencia, v. 7,p.35-40, 2003.

Primavesi, O. et al. Avaliação de genótipos e recomendação de cultivares de aveia forrageira, na região Sudeste, para o ano de 2007. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. (Comunicado técnico, 67).

Roscoe, R. Nunes, W. A. G. Sagrilo, E. Otsubo A. A.. Aproveitamento Agrícola de Resíduos de Frigorífico como Fertilizante Orgânico Sólido.EMBRAPA, Dourados, MS 2006

Sá, J.P.; Oliveira, J.C.; Aragão, A.A. Ensaio nacional de aveia forrageira, em Londrina, PR, 2008. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 29., 2009, Porto Alegre. Resultados experimentais... Porto Alegre, 2009 . p.455- 456.

Scheffer-Basso, S. M. et al. Potencial de genótipos de aveia para duplo-propósito. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 7 n. 1, p. 22-28, 2001.

6. RESPONSIBILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DIFERENTES FORMAS DE INOCULAÇÃO VIA TRATAMENTO DE SEMENTES NA CULTURA DA SOJA

Angelica Daniela Beal
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS.
angelicadbeal@hotmail.com

Marta Maria Casa Blum
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS.
martablum@gmail.com

RESUMO. *O objetivo deste trabalho foi comparar duas formas de inoculação no tratamento de sementes de soja: uma via tratamento de semente industrial e outra através de inoculação caseira, na semeadura. O experimento foi conduzido em área de pastagem nativa. O cultivar utilizado foi Rota 54 IPRO. Os tratamentos conduzidos foram: T1- sem tratamento de sementes, T2 - tratamento de semente industrial com inoculante "longa vida" e T3 - tratamento de semente industrial, com "inoculação caseira". O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de cinco linhas de semeadura e 10 metros de comprimento, espaçadas 0,45 m. As variáveis quantificadas foram a emergência de plantas, a altura de plantas, o número de flores por planta, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem, o número total de grãos por planta, o peso de mil sementes e o rendimento de grãos. Os dados obtidos demonstraram superioridade da inoculação industrial em relação à inoculação caseira para o rendimento de grãos e para o número de flores por planta, assim como, superioridade de ambas as situações de inoculação, em relação à testemunha, para altura, número de vagens e número total de grãos.*

Palavras-chave: *fixação biológica do nitrogênio; inoculante longa vida; inoculante caseiro.*

1. INTRODUÇÃO

A soja é uma cultura altamente rentável devido a sua capacidade de fixar biologicamente o nitrogênio disponível. Este fenômeno é um processo natural que capta o nitrogênio no ar e torna acessível para as plantas como nutriente (Araújo, 1999).

A cultura da soja demanda uma grande quantidade de nitrogênio (N) para se desenvolver e produzir bons rendimentos de grãos. Estima-se que sejam necessários 80 kg de N para produzir 1000 kg de grãos de soja. Este N pode ser suprido via solo, por fertilizantes nitrogenados e pela fixação biológica ou simbiótica do N_2 presente no ar do solo (Thomas & Costa, 2010).

A tecnologia mais indicada para suprir essa demanda de N sem elevar os custos de produção, é a inoculação das sementes com estirpes específicas de bactérias fixadoras do N atmosférico. O sucesso dessa tecnologia se dá devido ao adequado estabelecimento da simbiose entre a planta e a bactéria, ação resultante de inoculantes de elevada qualidade (Denardin, 2006).

Para facilitar o trabalho no campo os pesquisadores estão buscando inoculantes longa vida que possam ser aplicados até 38 dias antes da semeadura. A inoculação via TSI, proporciona stand inicial e uniformidade no desenvolvimento da planta, pois reduz danos mecânicos na semente (Coopadap, 2017).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o rendimento da soja submetida a diferentes formas de inoculações, procurando o melhor resultado para ser utilizado pelos agricultores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma propriedade agrícola no município de Marcelino Ramos - RS, em solo classificado como Latossolo Vermelho Alumino férrico típico, na safra 2016/2017. O ponto em destaque do local escolhido para o experimento é nunca ter sido cultivado com uma leguminosa antes, condição está ideal para um teste de inoculantes, devido ao fato de solos já cultivados terem população estabelecida de *Bradyrhizobium*. A localização da propriedade fica nas coordenadas 27°33'14.13"S e 51°55'32.35"O.

A semeadura foi realizada no dia 14 de novembro de 2016 e a colheita no dia 04 de abril de 2017, completando um total de 140 dias de ciclo. O cultivar utilizado foi Rota 54 IPRO, com tecnologia INTACTA RR2 PRO™. Este cultivar pertence ao grupo de maturação 5.4, tem hábito de crescimento indeterminado e porte médio. Os destaques desta variedade são precocidade, alto potencial produtivo e boa tolerância ao acamamento (Sementes Roos, 2017).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições por tratamento. As parcelas foram constituídas de cinco linhas de 10 metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,45 m, sendo que na colheita foram consideradas úteis apenas as três linhas centrais e 8 m centrais de cada parcela. Todas as parcelas foram conduzidas da mesma forma, com a mesma adubação (conforme analise de solo), mesmo controle de plantas daninhas e mesmos tratamentos fitossanitários.

O tratamento de sementes foi igual para todas as parcelas, exceto testemunha que não recebeu tratamento e nem inoculante. O que diferiu na condução das parcelas foi o tipo de inoculação, onde um consistiu em um inoculante industrial aplicado junto ao TSI e um inoculante caseiro feito no dia da semeadura.

Os tratamentos avaliados foram:

T1: Rota 54 IPRO sem TSI e inoculante (testemunha);

T2: Rota 54 IPRO com TSI + inoculante industrial (longa vida CTS 100- Monsanto);

T3: Rota 54 IPRO com TSI + inoculante caseiro (Nitro 1000) feito no dia da semeadura.

O inoculante Nitro 1000 é composto por bactérias do gênero *Bradyrhisobium japonicum*, Semia 5079 e Semia 5080, vitaminas, sais minerais, fonte de carbono, turfa (pó) e água, espessante, conservante e estabilizante PVP (aquoso). Este inoculante foi desenvolvido com material de alta qualidade e grande concentração de rizóbios. A concentração é de $5,0 \times 10^9$ células viáveis por mL g^{-1}. (Nitro 1000, 2017).

Uma boa inoculação deve propiciar na combinação de concentração de bactérias/ g com a dosagem recomendada um total de 160.000 bactérias por semente. Este número é recomendado pela Embrapa e é o mínimo de bactérias necessária para se obter uma boa nodulação (Araújo, 1999).

As variáveis avaliadas foram emergência de plantas, altura, floração, número de vagens/ planta, número de grãos/ vagens, peso de mil sementes e rendimento de grãos.

Os critérios utilizados para avaliação de plantas foi a coleta das plantas ao acaso, descontando-se as bordaduras das parcelas, em determinado estádio de desenvolvimento, conforme:

- para a emergência foram consideradas as três linhas centrais em 3 m lineares ao acaso após quinze dias da semeadura;
- no caso da altura de plantas e floração foram coletadas três plantas ao acaso de toda a parcela evitando bordaduras nos 63 DAE, pois nesta data as plantas estavam no pico máximo de floração e altura;
- na avaliação do número de vagens/ planta e grãos/ vagens foram coletadas dez plantas ao acaso e feita a contagem de vagens, separando-as em quatro, três, dois e um grãos e contabilizando também o número de vagens que não formaram grãos;
- para PMS foram contadas 1000 sementes (com repetição de 100) e posteriormente estas foram pesadas em balança de precisão;
- para o rendimento de grãos foram colhidas plantas das três linhas centrais da parcela ao longo de 8 m de comprimento.

A colheita foi realizada manualmente e a debulha dos grãos contou com o auxílio de um batedor Trinton acoplado ao trator; a pesagem dos grãos foi realizada em balança eletrônica com anterior determinação da umidade dos grãos, corrigido para 13%.

Os dados obtidos foram submetidos à analise estatística e as médias comparadas por teste de Tukey a 5% de probabilidade (Canteri et. al. 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos para rendimento de grãos mostraram diferenças entre os tratamentos testados sendo que o tratamento de semente com inoculante industrial (TSI) se mostrou superior ao tratamento de sementes com inoculação caseira. Este, por sua vez, não diferiu da testemunha sem tratamento e sem inoculante (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito do inoculante industrial e inoculante caseiro sobre o rendimento de grãos e sobre o peso de mil sementes (PMS), na cultivar Rota 54 IPRO, Marcelino Ramos-RS, safra 2016-17.

Tratamentos	Rendimento de grãos	Incremento	PMS
	($Kg.ha^1$)	(%)	(g)
T1 Testemunha	3075,0 b	0,0	146,1 ns
T2 Trat. de Semente Inoculante Industrial	4575,0 a	48,8	154,8
T3 Trat. de Semente Inoculante Caseiro	3400,0 b	10,6	142,4
C.V. (%)	9,3		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em relação à testemunha, o TSI com inoculante apresentou um incremento de 48,8% de produtividade. A inoculação caseira foi superior à testemunha na ordem de 10,6%. A inoculação no TSI (Tratamento de Semente Industrial) acrescentou 38,2% sobre o rendimento de grãos em relação à inoculação caseira (Tratamento de Semente com Inoculação Caseira), realizada na propriedade.

Quando se avaliou o peso de mil sementes (PMS), não foram observadas diferenças entre os tratamentos testados (Tabela 1).

Também foi avaliada neste experimento a emergência de plantas, a altura de plantas por ocasião do florescimento, o número de flores por planta, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e o número total de grãos por planta.

Para a emergência de plantas não foram observadas diferenças entre os tratamentos; para a variável altura de planta, ambos os tratamentos com inoculação foram superiores à testemunha, mas não diferiram entre si; em relação ao número de flores por planta o tratamento com inoculante industrial foi superior ao tratamento com inoculante caseiro, assim como, este foi superior a testemunha. Quanto ao número de vagens por planta, ambos os tratamentos com inoculação foram superiores à testemunha, mas não diferiram entre si (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito do inoculante industrial e do inoculante caseiro sobre a emergência de plantas, a altura de plantas, o número de flores por planta e sobre o número de vagens por planta, na cultivar Rota 54 IPRO, Marcelino Ramos- RS, safra 2016-17.

Tratamentos	Emergência	Altura de Planta	Floração	Vagens/planta
	Plantas / m linear	(cm)	N° flores / planta	(%)
T1 Testemunha	11,7 ns	64,6 b	155,7 c	83,3 b
T2 Trat. de Semente Inoculante Industrial	11,2	84,4 a	254,3 a	125,9 a
T3 Trat. de Semente Inoculante Caseiro	12,4	76,7 a	214,0 b	139,8 a
C.V. (%)	19,1	5,5	7,8	16,3

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos avaliados para o número de grãos por vagens. Somente a inoculação influenciou no número total de grãos por planta, sendo que foi superior à testemunha, mas os dois tipos de inoculação não foram diferentes para está variável (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito do inoculante industrial (TSI) e do inoculante caseiro (TSC) sobre o número de grãos por vagem e o número total de grãos por planta, cultivar Rota 54 IPRO, Marcelino Ramos-RS, safra 2016-17.

Tratamentos	Número de grãos por vagem (%)			Total de grãos
	3 grãos	2 grãos	1 grão	n°/ planta
T1 Testemunha	45,5 ns	44,4 ns	10,1 ns	83,3 b
T2 Trat. de Semente Inoculante Industrial	52,1	40,9	6,9	125,9 a
T3 Trat. de Semente Inoculante Caseiro	45,8	44,7	9,5	139,8 a
C.V. (%)	8,4	6,6	21,8	16,3

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi conduzido, concluiu-se que a inoculação em tratamento de semente industrial trouxe resultado positivo e superior em ganhos de rendimento quando comparado à inoculação caseira e, também, em relação à testemunha sem inoculação.

Independente da forma como foi realizada (industrial ou caseira), a inoculação mostrou-se positiva em relação ao não uso, também, para o acréscimo no número de vagens por planta, para a altura de plantas, para o número de flores por planta e para o número total de grãos por planta.

5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. C.; **Inoculação de Soja: uma prática altamente rentável.** Piracicaba: Potafos- Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1999. 1 p. (Informações Agronômicas, 87).

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM- **Agri: Sistemas para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft – Knott, Tukey e Duncan, Revista Brasileira de Agrocomputação,** V.1, N.2, p.18-24. 2001.

COOPADAP, 2017. "Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba". 25 de abr. de 2017 <http://www.coopadap.com.br/noticias/3/inoculacao-de-soja-industrial>.

DENARDIN, N. D. A.; **Aplicação de inoculantes definem sucesso da nodulação.** Revista Visão Agrícola, 2006. 3 p. (Visão Agrícola, N° 5).

NITRO 1000. 06 de jul. de 2017 <http://www.nitro1000.com.br/soja2.php>.

SEMENTES ROOS. 20 de abr. de 2017 <http://sementesroos.com.br/>.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A.; **Soja: Manejo para alta produtividade de grãos.** In: AMADO, T. J.C.; SCHLEINDWEIN, J. A.; FIORIN, J. E.; Porto Alegre: Evangraf, 2010. cap. 2 a 5 p. 35-166.

6. RESPONSABILIDADE

O (s) autor (es) é (são) o único responsável pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

APLICAÇÃO DE CORRETIVOS COM MAIOR REATIVIDADE VISANDO A CULTURA DA SOJA

Antonio Sergio do Amaral
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
asamaral@uricer.edu.br
Mateus Binot
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
mateusbinot@hotmail.com
Amito José Teixeira
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
amito@uricer.edu.br
Paulo Sérgio Gomes da Rocha
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
p.sergio.r@uol.com.br
Jardes Bragagnolo
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
jardesb@yahoo.com.br
Raquel Paula Lorensi
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
raquelorensi@uricer.edu.br

Resumo. *A calagem é a prática mais utilizada para neutralizar a acidez do solo, aumentar a disponibilidade de nutrientes, melhorar o ambiente radicular e restaurar o potencial produtivo do solo. Entretanto, a reação do calcário geralmente é limitada ao local de sua aplicação no solo, em função da sua baixa mobilidade no perfil. No caso do sistema plantio direto, o calcário é aplicado superficialmente e sem incorporação ao solo, o que determina o seu efeito apenas a alguns centímetros de solo. O presente trabalho teve como objetivos, comparar a produtividade da soja em solo com aplicação de calcário dolomítico e calcário oxyfértil via a lanço, sem incorporação e concomitante a semeadura da cultura. As variáveis avaliadas foram rendimento de grãos, -peso de mil grãos (PMG) e a matéria seca e o comprimento de raiz da soja no estádio R5. O trabalho foi realizado no município de Campinas do Sul, estado do Rio Grande do Sul. Utilizou-se a cultivar TMG7262RR®, grupo de maturação 6.2. Houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados para comprimento e matéria seca de raiz em prol do Oxyfértil. Na primeira variável de rendimento de grãos também houve diferença estatística entre Tratamento T1(Testemunha) e T3 (OxyFértil), porém, quando comparado ao Tratamento T2 (calcário dolomítico),não houve diferenciação para ambos, tornando-se inviável o investimento devido ao retorno econômico muito baixo ou negativo. Sugere-se que a pesquisa seja repetida por mais anos e também realizada em outras condições químicas de solo.*

Palavras-chave: grãos, calagem, corretivos, manejo de solo.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao manejo das lavouras sob o sistema plantio direto, por vários anos, o acúmulo de matéria orgânica no solo se torna maior, principalmente na superfície e na camada de solo de 0 a 5 centímetros de profundidade garantindo uma melhor agregação do solo, maior atividade biológica, maior disponibilidade de nutrientes para as culturas e complexação de elementos tóxicos além de promover o aumento da CTC (BAYER & MIELNICZUK, 2008). Por outro lado, devido ao tempo sem revolvimento das camadas mais profundas, estas áreas tendem a apresentar impedimentos físicos e químicos dificultando uma maior penetração do sistema radicular das culturas.

Observa-se que a presença de acidez no solo tem grande interferência na produtividade agrícola e práticas de manejo no solo, com isso afetando diretamente o desenvolvimento radicular. De certa maneira, esse empecilho no solo pode afetar a constituição nutricional das plantas pela diminuição ou aumento da solubilidade de certos nutrientes, tornando necessário a correção do solo.

A calagem é a prática mais utilizada para neutralizar a acidez, principalmente causada por alumínio tóxico, aumentar a disponibilidade de nutrientes, melhorar a estrutura da planta em si, tanto da parte aérea como a parte radicular e restaurar o potencial produtivo do solo (CAIRES et al., 2006). Entretanto, a reação do calcário geralmente é limitada ao local de sua aplicação no solo, em função da sua baixa mobilidade no perfil. No caso do sistema plantio direto, o calcário é aplicado superficialmente e sem incorporação ao solo, o que determina o seu efeito apenas a alguns centímetros de solo. Embora, alguns autores afirmam que a calagem na superfície em SPD apresenta eficiência na correção da acidez de camadas superficiais e do subsolo, sendo que o efeito de neutralização da acidez em profundidade pela aplicação de calcário na superfície em plantio direto pode estar relacionado com as condições físicas do solo favoráveis ao deslocamento vertical de partículas finas de calcário e com a mobilização química do calcário nas formas inorgânicas e orgânicas (AMARAL, et al., 2004). O clima da região, é um fator que tem muita interferência na mineralização dos nutrientes, com isso, a disposição de cálcio para a planta pode demorar algum tempo até que esteja pronto para a absorção. Em regiões onde a precipitação anual é elevada, a taxa de mineralização se torna maior, lixiviando sais através do perfil do solo. O calcário, quando aplicado ao solo, dissolve-se na presença de água, liberando os cátions Ca^{2+} e o Mg^{2+}, também surgem os ânions OH^- e HCO_3^-. Esses dois ânions são os únicos produtos da dissolução do calcário responsáveis pelo aumento de pH e diminuição do Al^{3+} em função do consumo dos íons H^+ presentes em grandes quantidades em solos ácidos.

A agricultura atual vem sendo modificada, ano após ano, com o surgimento de novas tecnologias. Estas modificações ocorrem principalmente na busca de novas alternativas que possibilitam uma melhora na produtividade, redução de tempo e custos de produção, minimizar impactos ambientais, para aumentar a renda do produtor rural.

A fertilidade do solo é um pilar para a produção de grãos, devido aos cuidados que devem ser tomados para um bom rendimento e boa conservação. Em anos em que o clima é favorável às plantas extraem grandes quantidades de nutrientes do solo e estes deve ser reposto equilibradamente.

Com o surgimento de novos produtos no mercado, para a busca de resultados imediatos com corretivos e fertilizantes e em alguns casos, sem a devida comprovação da pesquisa oficial, deixa os agricultores à mercê das empresas e industrias.

Diante disso, este trabalho teve como objetivos, contribuir para o avanço do conhecimento das técnicas de calagem com ênfase nas opções de correção a curto prazo e testar na cultura da soja, um corretivo granulado a base de óxido de cálcio em comparação ao calcário dolomítico, avaliando-se produtividade da soja e a matéria seca e comprimento de raiz da soja no estádio R5. Ambos os tratamentos foram aplicados a lanço, sem incorporação ao solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em uma propriedade rural, no município de Campinas do Sul – RS. Em uma área de aproximadamente 400 m², dividida em 12 parcelas (unidades experimentais) de 2m x 1.35m, com 0,45m de espaçamento entre linhas e as parcelas dispostas em um delineamento inteiramente casualizado.

O Tratamento 1 não recebeu nenhuma aplicação de corretivos testados. No Tratamento 2 foram usadas 2000 kg ha^{-1} de calcário dolomítico aplicado via lanço em pré-plantio momentos antes da semeadura. Já no Tratamento 3, foi utilizado 500 kg ha^{-1} de OxyFértil distribuídos a lanço momentos antes da semeadura.

Todos os tratamentos receberam 120 Kg ha^{-1} de K_20, e para isso utilizou-se Cloreto de Potássio (KCl), contendo 60% de K_20 em sua formulação. O KCl foi aplicado em dose única e em pré-plantio. Como fonte de P_2O_5 utilizou-se 300 Kg ha^{-1} do fertilizante Super Fosfato Simples, que possui em sua formulação 18% de P_2O_5, 16%de cálcio e 8% de enxofre.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições por tratamento. Para comparação de médias foi utilizado o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, por meio do programa estatístico ASSISTAT.

A semeadura foi realizada dia 25/11/2016, sob os restos culturais da cultura de aveia. Foram distribuídas 12 sementes por metro linear, sendo que a população final de plantas obtida foi de 244.200 plantas ha^{-1}. A semeadora utilizada no experimento foi da marca KUHN®, modelo PDM 900®. O espaçamento entre linhas adotado foi de 45 cm entre linhas. A semeadora utilizada possui sistema de dosagem das sementes através de discos alveolados e roscas sem-fim para dosagem de fertilizante, montada na linha de semeadura com disco de corte, haste sulcadora, disco duplo defasado da semente, roda limitadora e roda compactadora. A velocidade de semeadura foi 4 Km h^{-1} e a profundidade de deposição das sementes 4 cm.

A colheita foi realizada 122 dias após a semeadura de forma manual. Foram ceifados dois metros lineares das três linhas centrais, correspondendo a uma área de 2,70 m^2, de cada unidade experimental. A trilha/debulha e separação da palha foi feita manualmente, utilizando sacas de polipropileno (a mesma utilizada para armazenamento) e uma madeira com cerca de 1 metro de comprimento para fazer a batida cuidadosamente para não danificar o grão. Após trilhado, o volume de grãos obtido de cada parcela foi peneirado (retirada de impurezas), pesado, determinado o teor de umidade, corrigido o teor de água dos grãos para 13% e determinado o PMG (Peso de Mil Grãos).

Em estádio de R5 foi feita a coleta de raízes sendo utilizada uma pá de corte. Foram retiradas 3 plantas por blocos, totalizando 36 plantas totais para a análise de raiz, sendo analisada o comprimento da raiz pivotante utilizando uma

trena e após, no laboratório de química do Campus II da URI, foi feita a secagem em estufa por 24 horas em 65ºC ±3ºC de variação, em seguida foi feita a pesagem de massa seca das raízes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade média da soja obtida no experimento foi de 4.003 kg ha^{-1} (Tabela 1). Este resultado é superior ao valor médio de produtividade obtido no Rio Grande do Sul na safra 2015/16, que foi 2.970 kg ha^{-1} (CONAB, 2016). Portanto, demostrando um acréscimo de 34% na produtividade final de grãos.

Tabela 1 – Rendimento de grãos e PMG da soja em função dos tratamentos aplicados.

Tratamentos	Produtividade		PMG
	Kg ha^{-1}	Sc ha^{-1}	Gramas
T1- Testemunha	3.869 b	64.5 b	202,5 a
T2- Calcário Dolomítico 2000 kg ha^{-1}	4.007 ab	67.25 ab	191,19 b
T3- OxyFértil 500 kg ha^{-1}	4.135 a	69 a	192,85 b
Média	4.003	67	195,50
CV (%)	2,22		2,98

*As médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro; CV: coeficiente de variação.

Comparando os tratamentos T1 e T2 na Tabela 1, observa-se que o T2 (que recebeu calcário dolomítico) obteve um incremento de produtividade de 138 Kg ha^{-1}, o que representa 3.5% de incremento, o que não difere estatisticamente com o T1. No tratamento T3 (que recebeu OxyFértil) houve uma diferença estatística com o T1, incrementando 6.8% no rendimento, que equivale há 266 Kg ha^{-1}, mas não diferenciou do T2 que houve um incremento de 3% na produtividade.

Analisando os dados da tabela 1, verifica-se diferença estatística no PMG obtidos. O tratamento T1 diferenciou-se dos tratamentos T2 e T3, estes não diferenciaram entre si.

Em relação a massa seca e o comprimento das raízes os resultados obtidos encontram-se na tabela 2.

Tabela 2. Produção de massa seca e comprimento das raízes.

Tratamento	Massa seca (Gramas)	Comprimento (cm)
T1- Testemunha	14.11 b	21.55 c
T2- Calcário Dolomítico	15.08 b	26.14 b
T3- OxyFértil	18.90 a	28.24 a
Média	16.03	25.31
C V (%)	9.60	3.69

*As médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro; CV: coeficiente de variação.

Analisando a tabela 2, que mostra os dados de massa seca e a profundidade das raízes verifica-se que houve diferença estatística devido aos tratamentos para os dois parâmetros. Em relação a massa seca os tratamentos T1 e T2 não diferenciaram estatisticamente com variação de 6.8% em prol do T2. Mas comparando os tratamentos T1 e T2 com o T3 houve diferença estatística em prol do T3. Quanto ao comprimento de raiz ocorreu variação entre os três tratamentos entre a, b, c. A diferença entre os tratamentos T1 e T2 teve variação de 21% e a diferença entre o T1 com T3 foi de 31%. Os tratamentos T2 e T3 tiveram diferença de 8%. Conforme os dados obtidos, o Tratamento T3 foi melhor nos dois parâmetros considerados, diferenciando-se estatisticamente.

Analisando a Tabela 3, que mostra a análise econômica do experimento, observa-se os valores investidos e os resultados.

Esta análise foi realizada considerando-se os dados de produtividade apresentados na Tabela 2. O tratamento T3 produziu maior volume de grãos, 266 Kg ha-1, porém este investimento não supre o investimento.

Tabela 3. Avaliação econômica da adubação do experimento.

Tratamento	Custo ha^{-1}	Produtividade (Saco ha^{-1})	Receita (prod.x R$ 60,50)	Receita - Custo	Saldo
T1-Testemunha	R$ 0,00	64,5	R$ 3.902,25	R$ 3.902,25	R$ 0
T2- Cal. Dolomítico	R$ 240,00	67,25	R$ 4.068,62	R$ 3.948,62	R$ 46,37
T3- OxyFértil	R$ 400,00	69	R$ 4.174,50	R$ 3.774,5	R$ -127,75

Também pôde-se observar, neste experimento, que o aumento da produtividade teve correlação com o aumento de reatividade do óxido de cálcio no solo. Pois as médias de produtividade dos tratamentos T3, que receberam somente 500 Kg ha^{-1} obtiveram maior produtividade que as médias dos tratamentos T1 e T2, que receberam 0 Kg ha^{-1} de calcário e 2000 Kg ha^{-1} calcário dolomítico respectivamente.

Uma provável explicação para as não diferenças entre os tratamentos pode ser devido ao pH do solo já estar corrigido na área experimental.

No entanto, deve se lembrar que a produtividade pode ter sido limitada por algum outro nutriente, ou outro fator. Por isso, sugere-se a continuidade da pesquisa por mais alguns cultivos.

Outro fator a ser considerado é que houve uma pequena estiagem de 17 dias, interferindo na absorção de água e nos tratamentos químicos, com isso pode se considerar a possibilidade de uma interferência climática limitando a produção.

3. CONCLUSÕES

Houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados para comprimento e matéria seca de raiz em prol do Oxyfértil. Na primeira variável de rendimento de grãos também houve diferença estatística entre Tratamento T1(Testemunha) e T3 (OxyFértil), porém, quando comparado ao Tratamento T2 (calcário dolomítico), não houve diferenciação para ambos, tornando-se inviável o investimento devido ao retorno econômico muito baixo ou negativo. Sugere-se que a pesquisa seja repetida por mais anos e também realizada em outras condições químicas de solo.

4. REFERÊNCIAS

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R.; BERTOL, I. **Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.359-367, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica da matéria orgânica.** In: SANTOS, G.A. et al. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo:** ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.7-18.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A. & FONSCECA, A.F. **Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto.** In: **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, p. 87-98, 2006

5. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela apresentação deste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DA REGULAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE FERTILIZANTES COM SEMEADORA-ADUBADORA

Augusto Cima Dal Pizzol
Maicon Augusto Lussani
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
augustoc.dalpizzol@gmail.com; maicon.5@hotmail.com.

José Augusto Fenski Vegher
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
joseafvegher@gmail.com

Lucas Luís Maito
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
lucas_maito@hotmail.com

Silvino José Liotto Júnior
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
silvinojunior2013@hotmail.com

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

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

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

Resumo. *A adubação das culturas é fator relevante para a obtenção de produtividades mais elevadas, sendo necessário que as semeadoras-adubadoras estejam bem reguladas para a obtenção da dose de fertilizante desejada. O objetivo do estudo foi comparar a dose de fertilizante distribuída por uma semeadora-adubadora com a dose desejada, sendo avaliados cinco fertilizantes e três doses diferentes. Para a coleta do fertilizante foi empregada a técnica da regulagem estática da semeadora-adubadora, onde coletou-se o fertilizante de 3 linhas da semeadora por 3 repetições cada. A dose média obtida para a maioria dos fertilizantes testados foi inferior a dose desejada com exceção do calcário de concha, que proporcionou em média doses superiores em 6% a dose desejada, enquanto que com o fertilizante 11-52-00 obteve-se as menores doses e inferiores a dose desejada entre 15,4% a 20,5%. A diferença média entre a dose obtida e a desejada para todos os fertilizantes testados foi maior que 10%, sendo valores bem superiores aos obtidos na literatura. O coeficiente de variação obtido para diferentes doses e diferentes fertilizantes testados foi relativamente baixo, variando de 1% à 6% considerados baixos e aceitáveis. Desta forma, verifica-se a necessidade do produtor realizar a regulagem da dose de fertilizante a ser distribuída sempre que forem alteradas as características e lote do fertilizante.*

Palavras-chave: *adubação, máquinas agrícolas, precisão, agricultura*

1. INTRODUÇÃO

A adubação das culturas é fator relevante para a obtenção de produtividades mais elevadas. Desta forma é necessário que as semeadoras-adubadoras estejam bem reguladas para a obtenção da dose de fertilizante distribuída seja compatível com a desejada.

Segundo Bonotto (2012) cerca de 90% das semeadoras-adubadoras utilizadas nas áreas agrícolas possuem mecanismo dosador do tipo helicoidal. Porém para realizar a regulagem da semeadora para a distribuição da dose do fertilizante desejada alguns produtores utilizam a tabela de referência da dose previamente definida pelo fabricante para escolher o par de engrenagens da transmissão que mais se aproxima da dose desejada e este ato pode configurar em um erro na dose final distribuída pela semeadora-adubadora, sendo necessário sempre avaliar *in loco* se a quantidade de fertilizante distribuída está de acordo com a desejada (Machado et al., 2015).

Segundo Schumann et al. (2006) é possível verificar que existe diferença entre doses desejadas e doses obtidas, sendo importante realizar a calibragem do sistema de dosificação de forma contínua ao longo da operação de semeadura. Estas variações também podem ser observadas em semeadoras-adubadoras mais modernas que usam controladores eletrônicos e segundo Machado et al. (2015) as principais causas que interferem sobre a regulagem em semeadoras com controlador de bordo são a deflexão do algoritmo de calibração para dosagens crescentes.

Para Cerri (2001) ainda que persistam diferenças entre a dose desejada e obtida pode ser tolerada uma diferença de até 3%, porém Dias (2009) verificou variação transversal da quantidade de fertilizante distribuída entre as linhas da semeadora que chegou a 5%, o que limita uma dosificação do fertilizante de forma homogênea.

Uma das possíveis causas das diferenças observadas pode ser reflexo do próprio fertilizante. Segundo Feltran et al. (2006) a qualidade dos fertilizantes é influenciada por características físicas (densidade, tamanho, forma, coesão, ângulo de repouso, consistência e fluidez das partículas), químicas (forma química e teor de nutrientes) e físico-químicas (solubilidade, higroscopicidade, índice salino e empedramento). Assim a fabricação dos fertilizantes segue padrões e normas técnicas quanto às características físicas e químicas, as quais são especificadas por lei (Rodella e Alcarde, 1994).

Para o espalhamento mecânico, é importante que as variações dentro de um produto específico sejam mínimas. A presença de grânulos de fertilizantes formulados pode ser variável conforme o fertilizante que estará sendo utilizado na sua formulação, induzindo a presença de poeira e fragmentos ou grânulos de maior tamanho (Yara, 2017), o que pode ocasionar segregação das partículas de diferentes tamanhos e interferir na correta distribuição do fertilizante nas semeadoras. Segundo Feltran et al. (2006) com o deslocamento, ocorrem trepidações nos reservatórios, gerando segregações físicas e químicas, o que dificulta a perfeita aplicação dos fertilizantes formulados ao longo da faixa de deposição, alterando a composição inicial e diminuindo, assim, a qualidade do fertilizante. Outra questão que pode interferir é o empedramento e o grau de umidade do fertilizante segundo características de higroscopicidade do mesmo.

Desta forma o objetivo do estudo foi realizar a avaliação da dose de fertilizante distribuída pela semeadora-adubadora comparando-se a dose desejada obtida através da tabela previamente disponibilizada pelo fabricante com as que foram obtidas quando da utilização de diferentes fertilizantes químicos para três doses diferentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Visando realizar um levantamento para avaliação da regulagem de distribuição do fertilizante de uma semeadora-adubadora realizou-se um experimento no laboratório de Máquinas Agrícolas da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim, avaliando-se a semeadora Fitarelli modelo 3 linhas - PD. Avaliou-se a qualidade de distribuição de 5 fórmulas de fertilizantes (Tab. 1) quanto a dose obtida para 3 regulagens previamente definidas (219, 300 e 406 kg ha^{-1}) estabelecidas pela escolha do par de engrenagens equivalentes (15/15, 15/22 e 15/29) para a obtenção das doses desejadas informado pelo fabricante.

Tabela 1. Características dos fertilizantes utilizados na avaliação da regulagem da semeadora-adubadora.

Fertilizante	Fabricante	Característica	Densidade (g dm^{-3})
05-20-20	Unifertil	Banhado a óleo	1128,32
05-30-15	Yara	Banhado a óleo	1139,85
05-30-15	Unifertil	Grânulos com pó	1047,78
11-52-00 (MAP)	Yara	Banhado a óleo	992,24
Calcário de Concha	Cysy	Grânulos com pó	1119,36

Para a coleta do fertilizante foi empregada a técnica da regulagem estática da semeadora, onde coletou-se o fertilizante de 3 linhas da semeadora por 3 repetições cada, representando assim 9 repetições da coleta. Para simular o avanço da semeadora girou-se a roda de solo que movimenta as engrenagens de transmissão para o fertilizante do lado esquerdo da semeadora. Optou-se por girar um número padrão de 20 voltas da roda motriz, estimando-se um comprimento de circunferência em carga de 3,64 m da roda, equivalendo a 72,84 m de comprimento linear de deslocamento simulado. Como as linhas estavam distanciadas de 0,45 m para semeadura de culturas de verão, determinou-se que a área equivalente da coleta para a distribuição de fertilizante para cada linha foi de 32,78 m^2.

Para a coleta do fertilizante dosado pelo mecanismo dosador no espaço equivalente as 20 voltas da roda motriz acoplou-se um saco plástico ao cano de condução do fertilizante logo abaixo do mecanismo dosador. Os sacos plásticos foram identificados para cada linha e repetição de avaliação para os diferentes fertilizantes testados, sendo posteriormente pesados em balança de precisão analítica com 3 casas decimais. Posteriormente os resultados obtidos foram transformados para a dose equivalente por hectare.

Os resultados experimentais foram submetidos a análise de variância e comparação de médias para as doses de fertilizantes obtidas para as diferentes regulagens e diferentes fertilizantes pelo teste de Tukey com nível de significância de 5% de probabilidade de erro utilizando-se o software SigmaPlot 11.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dose média obtida com a utilização de todos os tipos de fertilizante testados foi inferior a dose desejada nas três doses previamente estabelecidas para todos os fertilizantes com exceção do calcário de concha (Tab. 2), sendo que o calcário de concha proporcionou sempre valores superiores a dose desejada em um valor médio de 6%, enquanto que com o fertilizante 11-52-00 obteve-se as menores doses obtidas entre todos os fertilizantes avaliados, mas inferior a dose desejada variando de 15,4% a 20,5% a menos. A diferença média entre a dose obtida e a desejada para todos os fertilizantes testados foi maior que 10%, sendo valores bem superiores aos obtidos por Cerri (2001) e Dias (2009).

Tabela 2. Doses de fertilizante obtidas para diferentes tipos de fertilizantes testados durante avaliação da regulagem da semeadora-adubadora.

Fertilizante	Dose desejada (kg ha^{-1})	Dose obtida (kg ha^{-1})	CV	DP	Diferença de dose (%)
05-20-20	219,00	187,89 bc	0,03	6,25	14,2
05-30-15	219,00	200,27 ab	0,02	4,96	8,6
05-30-15 (pó)	219,00	175,95 c	0,02	4,78	19,7
11-52-00	219,00	174,11 c	0,06	11,67	20,5
Calcário de concha	219,00	224,02 a	0,04	11,09	2,3
Média	**-**	**192,45**	**0,03**	**7,75**	**12,1**
05-20-20	300,00	278,23 bc	0,02	6,99	7,3
05-30-25	300,00	292,31 ab	0,02	6,56	2,6
05-30-15 (pó)	300,00	260,04 c	0,01	3,71	13,3
11-52-00	300,00	253,91 c	0,02	7,46	15,4
Calcário de concha	300,00	335,63 a	0,03	13,04	11,9
Média	**-**	**284,02**	**0,02**	**7,54**	**10,1**
05-20-20	406,00	364,61 bc	0,03	13,07	10,2
05-30-25	406,00	379,03 b	0,02	10,41	6,6
05-30-15 (pó)	406,00	346,46 bc	0,06	22,78	14,7
11-52-00	406,00	334,93 c	0,03	10,26	17,5
Calcário de concha	406,00	421,62 a	0,02	12,02	3,8
Média	**-**	**369,33**	**0,03**	**13,71**	**10,6**

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro; CV: coeficiente de variação; DP: desvio padrão.

Outra característica observada foi que o coeficiente de variação obtido para diferentes doses e diferentes fertilizantes testados foi relativamente baixo, variando de 1% à 6% (Tab. 2), sendo inferiores aos observados por Portella et al. (1998) que variaram de 9% a 13%, e próximos aos de Oliveira et al. (2000) que observaram valores médios de 3% para dosador tipo disco estrela.

Desta forma, verifica-se a necessidade do produtor realizar a regulagem da dose de fertilizante a ser distribuída sempre que forem alteradas as características e lote do fertilizante, sendo que os valores obtidos como referência na tabela da semeadora podem não representar fidedignamente os resultados obtidos.

4. REFERÊNCIAS

Bonotto, G.J., 2012. Desempenho de dosadores de fertilizantes de semeadoras-adubadoras em linhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 99p.

Cerri, D.G.P., 2001. Desenvolvimento de um sistema de aplicação localizada de calcário a taxas variáveis. 2001. Dissertação. (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 90p.

Dias, V.O., 2009. Desempenho de dois protótipos de semeadoras-adubadoras para plantio direto. Dissertação (Mestrado em engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 82 p.

Feltran, J.C., Corrêa, J.C., Brancalião, S.R. e Villas Boas, R.L., 2006. Segregação física e química de fertilizantes formulados. Científica, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 188-196.

Machado, O.D.C., Alonço, A.S., Bellé, M.P. e Franck, C.J. Acurácia das semeadoras-adubadoras à taxa variável. Ciência Rural, Santa Maria, v. 45, n. 7, jul, 2015.

Oliveira, M.L., Vieira, L.B., Mantovani, E.C., Souza, C.M. e Dias, G.P., 2000. Desempenho de uma semeadora adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1455-1463.

Portella, J.A., Sattler, A. e Faganelo, A., 1998. Regularidade de distribuição de sementes e de fertilizantes de semeadoras para plantio direto de trigo e soja. Engenharia agrícola, Jaboticabal. v. 17, n. 4, p. 57-64.

Yara, 2017. Nutrição de plantas. 15 Jul. 2017. <http://www.yarabrasil.com.br/nutricao-plantas/manuseio-seguro fertilizantes/propriedades-fisicas-fertilizantes/>.

Rodella, A.A. e Alcarde, J.C., 1994. Variabilidade na composição de misturas de fertilizantes decorrente de segregação e estimativa do efeito sobre a produtividade da cana-de-açúcar. STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v.13, p.14-19.

Schumann, A.W., Miller, W.M., Cugati, S.A., Hostler, H.K. e Buchanon, S.M., 2006. Optimizing variable rate granular fertilizer spreader performance for single-tree prescription zones. In: ASAE Annual International Meeting, 2006, Portland. Proceedings... Portland: ASABE, p.1-14.

5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ACIDEZ ATIVA DE SOLO SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO E MATA

Bruna Leticia Anzolin
Lenir Fátima Gotz
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
lenir_gotz@hotmail.com

Felipe Piovesan
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
piovesan.felipe@hotmail.com

Alfredo Castamann
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
alfredo.castamann@uffs.edu.br

Resumo. *O pH fornece indicativos das condições químicas gerais do solo. Sua medida pode ser feita em suspensões de água ou de solução salina ($CaCal_2$). O objetivo do presente estudo foi avaliar a acidez ativa de um solo submetido a diferentes sistemas de cultivo e mata nativa. As amostras de solo foram coletadas no município de Paim-Filho-RS, em cinco áreas, com manejos diferentes: mata; pastagem perene (Brachiária brizantha); pastagem anual (Sorghum sudanense no verão e Avena strigosa no inverno); integração lavoura-pecuária (cultivo de Glycine max no verão e Avena strigosa para pastejo no inverno) e; sistema de semeadura direta para produção de grãos (Glycine max), em duas profundidades, na camada 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, totalizando 10 tratamentos. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial, com quatro repetições. O solo pertence à unidade de mapeamento Associação Ciríaco-Charrua (Associação Chernossolo-Neossolo). Foi avaliada a acidez ativa do solo, pelo pH em água e pelo pH em $CaCl_2$. A acidez ativa do solo, medida pelos dois métodos, apresentaram variações entre os sistemas avaliados e as camadas amostradas. O solo de mata resultou em maior pH, enquanto o de pastagem anual o menor, ou seja, maior acidez.*

Palavras-chave: *pH do solo, uso do solo, manejo do solo, acidificação, atributo químico.*

1. INTRODUÇÃO

A acidez ativa de um solo refere-se ao hidrogênio que está dissociado na solução do solo, na forma de H^+ e a sua medida é expressa pelo índice pH (potencial hidrogeniônico) (Meurer, 2012). Esse atributo fornece indicativos das condições químicas gerais do solo, ou seja, solos com baixos valores de pH (solos ácidos) geralmente apresentam baixo teor de bases trocáveis, principalmente o cálcio e o magnésio, elevado teor de alumínio trocável, alta fixação de fósforo nos colóides do solo e deficiência de alguns micronutrientes (Ronquim, 2010).

A avaliação da acidez do solo pode ser realizada em suspensões de água ou de solução salina ($CaCl_2$).O pH em água é a determinação mais comum, porém seus valores variam em solos com pequenas quantidades de sais, em função do manuseio das amostras e de diferentes épocas do ano. Diante disso, a determinação do pH em $CaCl_2$ permite minimizar o efeito dos sais sobre a acidez ativa original dos solos (Raij, 2011).

O processo de acidificação de um solo inicia-se com a solubilização da rocha, com a posterior perda de cátions do solo e a retenção preferencial de cátions de maior valência, como o alumínio, nas cargas negativas do solo. Além disso, as reações de hidrólise na solução do solo, a decomposição dos resíduos orgânicos, a ação do homem – com a adição de fertilizantes – e a absorção de nutrientes pelas plantas, também contribuem para aumentar a acidez dos solos, devido a liberação de íons H^+ na solução do solo. O sistema de manejo do solo também interfere na acidez, uma vez que dependendo do sistema empregado, pode haver maior ou menor acúmulo de resíduos orgânicos (Meurer, 2012).

A mudança da vegetação natural para sistema de exploração agropecuária provoca alterações profundas nos atributos do solo (Lourente *et al.*, 2011). Os mesmos autores verificaram diferenças sobre o pH ($CaCl_2$) do solo em função do uso e do manejo. O maior pH foi observado no sistema plantio direto, seguido pelo reflorestamento e vegetação nativa, os quais não diferiram estatisticamente, em relação ao sistema convencional. O solo mais ácido foi observado no cultivo com pastagem.

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a acidez ativa (pH em água e em $CaCl_2$), nas camadas 0 a 10 e 10 a 20 cm, de um solo sob diferentes sistemas de cultivo e mata.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram coletadas em cinco áreas, no município de Paim-Filho-RS, que está localizado na região fisiográfica denominada Campos de Cima da Serra. O clima da região é subtropical, com inverno úmido e verão seco. Chove entre 1200-1500 mm anuais. A temperatura média anual varia de 17-20º C, sendo que no mês mais frio varia entre 17-14 ºC e, no mês mais quente entre 20-26ºC (Rossato, 2011). O solo pertence à unidade de mapeamento Associação Ciríaco-Charrua (Associação Chernossolo-Neossolo. O solo da Unidade Ciríaco é classificado como Chernossolo Argilúvico Férrico típico, apresenta fertilidade natural muito elevada, com altos valores de pH e teores de alumínio trocável nulos ou muito baixos. O solo da Unidade Charrua é classificado como Neossolo Litólico Eutrófico chernossólico, é pouco desenvolvido e apresenta alta saturação por bases (Streck *et al.*, 2008; Fanton *et al.*, 2009).

Os tratamentos consistiram na coleta de amostras de solo em 5 áreas com diferentes sistemas de manejo e/ou cultivo: 1) Mata, com predominância de canela (*Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez), angico (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan) e timbó (*Ateleia glazioviana* Baill.); 2) Pastagem perene, com cultivo de *Brachiária brizantha*; 3) Sistema de semeadura direta para produção de grãos, onde é cultivado soja (*Glycine max*); 4) Integração lavoura-pecuária, com cultivo de *Glycine max* no verão e *Avena strigosa* para pastejo no inverno; 5) Pastagem anual, com cultivo de *Sorghum sudanense* no verão e de *Avena strigosa* no inverno.

As amostras de solo das áreas foram coletadas em duas camadas, 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, totalizando 10 tratamentos. O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados (DBC), com arranjo dos tratamentos em esquema fatorial 5(A) x 2 (B), com quatro repetições. No fator A alocou-se os cinco diferentes tipos de cultivo e no fator B as camadas de coleta (0 a 10 cm e 10 a 20 cm).

A área de pastagem anual é manejada no sistema convencional de preparo do solo com a realização de duas gradagens anterior à semeadura das pastagens. A área manejada sob o sistema de semeadura direta recebeu aplicação de calcário, com o objetivo de correção da acidez do solo, no ano de 2014. A área de mata não sofre interferências antrópicas. Nas demais áreas, a correção da acidez do solo foi realizada em 2011. As áreas cultivadas recebem adubação mineral a cada cultivo.

As amostras de solo foram coletadas no mês de fevereiro de 2017, com o auxílio de um trado calador. Em laboratório, as amostras foram destorroadas, secas em estufa a 65 ºC e passadas em peneiras com malha de 2 mm, para posterior determinação da acidez ativa. A acidez ativa foi avaliada através do pH em água, na relação solo: solução 1:1 (Tedesco *et al.*, 1995), em solução com $CaCl_2$ (Embrapa, 2009).

Os resultados obtidos foram submetidas à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o uso do software estatístico SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices de pH analisados no solo sob mata resultaram em valores mais altos, diferindo dos demais tratamentos, cujos dados evidenciam que o uso e o manejo do solo provocaram aumento da acidez do solo (Tabela 1). O pH variou também com a camada amostrada nas diferentes áreas (Tabela 2 e 3).

Tabela 1. Acidez ativa, pelos métodos do pH em água e em $CaCl_2$, de um solo sob diferentes sistemas de manejo/cultivo e mata.

Sistemas	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$)
Mata	6,42 a[(1)]	5,99 a
Pastagem perene	5,81 b	5,35 b
Semeadura direta	5,01 c	4,83 c
Integração lavoura-pecuária	4,82 d	4,64 d
Pastagem anual	4, 80 d	4,58 d
C.V. (%)	0,86	0,86

[(1)] Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Meurer (2012), a interpretação da acidez ativa do solo em função do valor do pH em água (Tabela 1), resultou no que segue: do solo de mata pode ser interpretado como pouco ácido (6,1 - 6,5); do solo sob cultivo de pastagem perene é considerado ácido (5,6 - 6,0); do solo manejado sob semeadura direta pode ser interpretado como muito ácido (5,0 - 5,5) e o pH em água do solo sob integração lavoura-pecuária e pastagem anual resultou em extremamente ácido (< 5,0).

A área de mata resultou em pH maior em relação às áreas com cultivo (Tabela 1). Tal desempenho pode estar relacionado com a maior disponibilidade de matéria orgânica no solo de mata. A matéria orgânica complexa os cátions H^+ e Al^{+3} livres, com compostos orgânicos de carga negativa dos resíduos e adiciona bases (Ca, Mg e K), que aumentam o pH (Franchini *et al.*, 2001; Pavinato, 2008).

As áreas com cultivos – pastagem perene, semeadura direta, integração lavoura-pecuária e pastagem anual – resultaram em solos com pH menores em comparação à área de mata (Tabela 1).Tal desempenho pode estar atribuído à aplicação de fertilizantes nitrogenados. A adubação nitrogenada com fontes amoniacais causa acidificação da superfície do solo devido à produção de prótons durante a nitrificação do amônio (Bolan *et al.*, 1991). Além disso, as plantas liberam na rizosfera íons H^+ na absorção de um cátion, para manter a eletroneutralidade, sendo esse processo mais intenso em leguminosas, uma vez que essas absorvem mais cátions, como cálcio e magnésio, em comparação com as gramíneas, resultando em maior acidificação do solo. Além disso, devido à nodulação eficiente, as leguminosas não absorvem tanto nitrato como as gramíneas, o que favorece o acúmulo de íons H^+ na rizosfera (Meurer, 2012).

Santos *et al*. (2003) verificaram perda gradual do efeito residual da calagem nos cinco sistemas de produção avaliados, os quais integravam culturas produtoras de grãos, pastagens de inverno e pastagens perenes, havendo acidificação da camada 0 - 5 cm, necessitando nova calagem após sete anos de cultivo de fabaceas (leguminosas). Silva *et al.* (2015) ressaltaram que a constante utilização de adubos nitrogenados solúveis de fontes amoniacais resulta em valores mais baixos de pH, conforme afirmado anteriormente, devido à produção de prótons durante a nitrificação do amônio (Bolan *et al.*, 1991).

A área com pastagem anual apresentou maior acidez. Tal desempenho pode estar atribuído ao revolvimento do solo, incorporando o material orgânico, o qual apresenta características tamponantes (Falleiro *et al.*, 2003). Teixeira *et al.* (2003) verificaram maiores valores de pH nos primeiros 5 cm do solo no sistema com semeadura direta, diferindo significativamente dos tratamentos com revolvimento de solo. Os autores ressaltaram que tal desempenho provavelmente deve-se à maior quantidade de carbono orgânico mantido na superfície no sistema semeadura direta, em comparação com o revolvimento do solo. Lourente *et al.* (2011) observaram médias estatisticamente menores para o pH em solo sob o sistema convencional de manejo. Outro aspecto que deve ser destacado é o de estas áreas serem cultivadas com gramíneas que recebem adubação nitrogenada com fontes amoniacais solúveis, que contribuem com a acidificação do solo, conforme já referido.

As culturas de grãos e pastagens apresentam como pH de referência 6,0. Entretanto, a limitação da produção vegetal ocorre quando o valor do pH do solo é menor que 5,5, o que torna necessário a correção da acidez. Ressalta-se que na área manejada em semeadura direta, na área com sistema integração lavoura-pecuária e na área cultivada com pastagem anual há necessidade de correção da acidez, pois apresentam valores de pH menores que 5,5, o que pode aumentar o teor de Al trocável biodisponível e prejudicar, assim, o desenvolvimento das culturas (SBCS, 2016).

A análise de variância indicou que houve interação entre os fatores testados (Tabela 2 e 3). Dentro de cada sistema de cultivo, observou-se que o solo sob mata, sob integração lavoura-pecuária e sob pastagem anual, resultaram em diferença entre as camadas de coleta de solo, seja pelo pH em água, seja pelo pH em $CaCl_2$. Sob os demais sistemas de cultivo – pastagem perene e sistema sob semeadura direta – a coleta na camada 0 a 10 cm ou 10 a 20 cm, não produziu diferenças nos valores das variáveis analisadas, seja pelo pH em água (Tabela 2), seja pelo pH em $CaCl_2$ (Tabela 3).

Tabela 2. Teores de pH em água do solo obtidos em função dos sistemas de cultivo e das camadas de solo amostradas.

Camada	**pH (H_2O)**				
	Mata	**Pastagem perene**	**Semeadura direta**	**Integração lavoura-pecuária**	**Pastagem anual**
0 a 10 cm	6,48 a[(1)]	5,78 a	5,03 a	4,88 a	4,74 b
10 a 20 cm	6,35 b	5,84 a	4,99 a	4,76 b	4,85 a
C.V. (%)	0,86				

(1) Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Na área de mata e na de integração lavoura-pecuária ocorreu redução do pH com o aumento da profundidade da camada de solo amostrada, pelo pH em água (Tabela 2) e pelo pH em $CaCl_2$ (Tabela 3). Em solo de mata, o aumento da acidez em função da profundidade da camada, pode ser atribuído ao maior teor de matéria orgânica das camadas superficiais, visto que esta retêm as bases, logo, o pH na superfície do solo torna-se mais elevado, comparando com camadas mais profundas. Santos *et al.* (2009a) verificaram redução contínua do valor de pH em solo sob floresta.

Santos *et al.* (2009a) ressaltaram que no sistema integração lavoura-pecuária há incremento na matéria orgânica do solo, não diferindo dos teores encontrados na floresta na área do estudo, em camadas superficiais. De acordo com os autores, tal desempenho é decorrente do fornecimento de resíduos vegetais pelo sistema, mesmo em áreas pastejadas. Diante disso, a redução do pH na área sob integração lavoura-pecuária também pode ser atribuído à retenção de bases pela matéria orgânica nas camadas superficiais.

Tabela 3. Teores de pH em $CaCl_2$ do solo obtidos em função dos sistemas de cultivo e das camadas de solo amostradas.

Camada	pH ($CaCl_2$)				
	Mata	**Pastagem perene**	**Semeadura direta**	**Integração lavoura-pecuária**	**Pastagem anual**
0 a 10 cm	6,09 a[(1)]	5,38 a	4,79 a	4,72 a	4,50 b
10 a 20 cm	5,89 b	5,32 a	4,87 a	4,55 b	4,67 a
C.V. (%)	0,86				

(1) Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Já na área de pastagem anual, houve incremento do pH em profundidade, ou seja, verificou-se maior acidez na camada 0 a 10 cm, pelo método do pH em água (Tabela 2) e pelo pH em $CaCl_2$ (Tabela 3). Esse aumento pode estar relacionado com o revolvimento do solo, devido à incorporação do material orgânico (Falleiro *et al.*, 2003). Esse autores observaram acréscimo do pH com a profundidade de coleta, em áreas submetidas ao revolvimento de solo e destacaram que esses resultados podem estar refletindo o efeito dos implementos utilizados no revolvimento.

Por outro lado, em solo cultivado sob sistema semeadura direta e com pastagem perene não houve mudanças no pH, em água (Tabela 2) e no pH em $CaCl_2$ (Tabela 3), em relação a profundidade de coleta.

Em relação à semeadura direta, Júnior *et al.* (2007), do mesmo modo, observaram valores de pH em água homogêneos nas profundidades estudadas (0-10 cm, 10-20cm e 0-20cm). Os autores ressaltaram que tal desempenho deve-se à movimentação de Ca e Mg para camadas subsuperficiais, o que contribui para o aumento do pH nestas camadas. Além disso, as características físicas do solo submetido em sistema semeadura direta favorecem a movimentação desses elementos. Ocorre também a formação de complexos de compostos orgânicos solúveis lixiviados da palhada superficial e da matéria orgânica com Ca e Mg e Al trocável. Na camada subsuperficial, o Ca e o Mg dos compostos são deslocados pelo Al do solo, formando complexos mais estáveis, diminuindo a acidez trocável e aumentando os teores de cátions básicos nesta camada.

Quanto à pastagem perene, Santos *et al.* (2009b), também não verificaram variação do pH em função da profundidade da camada de solo amostrada, para capim quicuio e capim elefante.

Em relação aos métodos de determinação do pH, de maneira geral, ambos tiveram o mesmo comportamento, ou seja, mesmas diferenças entre os sistemas e camadas amostradas (Tabela 1, 2 e 3). Considerando que o pH em $CaCl_2$ é utilizado para minimizar o efeito dos sais sobre a acidez ativa original dos solos, infere-se que no local de estudo não há esse efeito.

4. CONCLUSÃO

O solo de mata, dada sua condição original e o tipo de solo estudado, apresentou menor acidez, enquanto os solos sob os demais sistemas de manejo/cultivo resultaram em maior acidez. O cultivo, independente do manejo do solo empregado, resulta em acidificação do solo.

5. REFERÊNCIAS

Bolan, N.S., Hedley, M.J., White, R.E., 1991. "Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures". *Plant and soil*, Vol. 134, p. 53-63.

Embrapa, 2009. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2º edição.

Falleiro, R.M., Souza, C.M., Silva, C.S.W., Sediyama, C.S., Silva, A.A., Fagundes, J.L., 2003. "Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Vol. 27, p.1097-1104.

Fanton, G., Neckel, A., Bonatto, D., 2009. "Diagnóstico das condições ambientais decorrentes doprocesso de urbanização às margens do arroio das pedras, município de David Canabarro-RS". *Boletim Gaúcho de Geografia*, Vol.35, p. 181-198.

Ferreira, D. F., 2014. "Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons". *Ciência e agrotecnologia*, Vol. 38, p.109-112.

Franchini, J.C., Gonzalez-Vila, F. J., Cabrera, G., Miyazawa, M., Pavan, M.A., 2001. "Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol". *Plant and soil*, Vol. 231, p.55-63.

Júnior, L. A. Z., Lana, R.J.Q., Guimarães, E.C., 2007. "Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta". *Ciência Rural*, Vol.37, p.1000-1007.

Lourente, E.R.P., Mercante, F.M., Alovisi, A.M.T., Gomes, C.F., Gasparini, A.S., Nune, C.M., 2011. "Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado". *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Vol. 41, p.20-28.

Meurer, E.J., 2012. *Fundamentos da química do solo*. UFRGS, Porto Alegre, 5º edição.

Pavinato, P.S., Rosolem, C.A., 2008. "Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Vol.32, p. 911-920.

Raij, B.V., 2011. *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes.* International Plant Nutrition Institute, Piracicaba, 1º edição.

Ronquim, C.C., 2010. *Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais*. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, 1º edição.

Rossato, M.S., 2011. *Os climas do Rio Grande do Sul : variabilidade, tendências e tipologia*. Tese de doudorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Santos, H.P., Fontaneli, R.S., Spera, S.T., Tomm, G.O., 2009a. "Efeito de sistemas de produção integração lavoura-Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto". *Acta Scientiarum. Agronomy*, Vol. 31, p. 719-727.

Santos, H.P., Fontaneli, R.S., Spera, Fontaneli, R.S., S.T., Tomm, 2009b. "Atributos químicos e físicos de solo sob pastagens perenes de verão". *Bragantia*, Vol. 68, p. 1037-1046.

Santos, H.P., Fontaneli, R.S., Tomm, G.O., Spera, S.T., 2003. "Efeito de sistemas de produção mistos plantio direto sobre fertilidade do solo após oito anos". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Vol. 27, p. 545-552.

SBCS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. *Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Comissão de Química e Fertilidade do Solo –RS/SC, 11º edição.

Silva, G.F.da., Santos, D. Silva, A.P.da., Souza, J.M.de., 2015. "Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano". *Revista Caatinga*, Vol. 28, p. 25-35.

Streck, E.V., Kämpf, N., Dalmolin, R.S.D., Klamt, E., Nascimento, P.C.do., Schneider, P., Giasson, E., Pinto, L.F.S,. 2008. *Solos do Rio Grande do Sul*. EMATER/RS-ASCAR: Porto Alegre, 2º edição.

Tedesco, M.J., Gianello, C., Bissani, C.A., Bohnen, H., Volkweiss, S. J. 1995. *Análise de solo, plantas e outros materiais.* Departamento de Solos, UFRGS (Boletim nº 5), Porto Alegre, 2º edição.

Teixeira, I.R., Souza, C.M.de., Borém, A., Silva, G.F.da., 2003. "Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em argissolo vermelho-amarelo, .sob diferentes sistemas de preparo de solo". *Bragantia*, Vol.62, p.119-126.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

TRATAMENTO QUÍMICO E BIOLÓGICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA E NA SANIDADE DE SEMENTES DE TRIGO E CEVADA

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

Aline Netto
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
alinetto1@hotmail.com

Laís Dalzotto
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
Lais_dalzotto@hotmail.com

Péricles Steffen
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
periclessteffenagro2015@gmail.com

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

Resumo: *Objetivou-se por meio desse trabalho avaliar o efeito do tratamento de sementes com Trichoderma spp. e fungicidas químicos, na qualidade sanitária e fisiológica de sementes de trigo e cevada. Os tratamentos avaliados foram: triadimenol; piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil (PTF); Trichoderma spp.; Trichoderma asperellum e Trichoderma harzianum. Foram realizados os testes de germinação e envelhecimento acelerado, contabilizando-se em ambos o percentual (%) de germinação e de primeira contagem. Para avaliação sanitária foi realizado o método "blotter test". Para o teste de germinação da cevada, o tratamento com Trichoderma harzianum apresentou melhor percentual. Enquanto que para a primeira contagem os tratamentos com melhores percentuais foram com Trichoderma harzianum, PTF e triadimenol. Ainda para a cevada, o tratamento sem recobrimento apresentou melhores resultados no teste de envelhecimento acelerado. Para o trigo, não houve diferença entre os tratamentos nas avaliações fisiológicos. Os tratamentos com Trichoderma harzianum e Trichoderma asperellum, foram eficientes no controle de. Alternaria spp., Fusarium spp. e Penicillium spp., em cevada. Nas sementes de trigo, todos os tratamentos obtiveram incidência menor de Aspergillus spp., que a apresentada pela testemunha. Já para Fusarium spp., o tratamento com Trichoderma asperellum apresentou menor incidência.*

Palavras-chave: *Triticum aestivum L., Hordeum vulgare L., fungicidas, microbiolização, vigor.*

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de cevada (*Hordeum vulgare* L.) está concentrada na Região Sul, correspondente a cerca de 90% da produção nacional. Porém, seu cultivo não é tradicional, podendo oscilar a área cultivada em até 40% a cada safra (Embrapa, 2015). Do mesmo modo o trigo (*Triticum aestivum* L.) tem grande importância econômica para o Brasil devido à demanda de seus derivados, uma vez que os 1,8 milhões de hectares cultivados, não suprem o consumo interno (CONAB, 2017).

Apesar da grande relevância econômica das culturas do trigo e da cevada, estas apresentam sua produtividade atrelada a inúmeros fatores durante o cultivo, dentre eles a incidência de doenças. Nesse sentido, o tratamento de sementes com fungicidas é o principal método para evitar perdas precoces, decorrentes da incidência de patógenos no campo, sendo esse método amplamente utilizado pelos agricultores como uma maneira de conferir a planta condições de defesa até seu estabelecimento. Muito embora o uso de fungicidas e inseticidas no tratamento de sementes seja considerado uma das melhores ferramentas para a proteção inicial da planta, alguns produtos utilizados para essa finalidade podem ocasionar perdas no poder germinativo, bem como na sobrevivência na planta no campo através do efeito de fitointoxicação (ALVES et al., 2017).

Nesta perspectiva, o uso de fungicidas biológicos e/ou promotores de crescimento, como àqueles à base de *Trichoderma* spp., apresentam-se como uma alternativa viável no tratamento de sementes, estes fungos atuam como antagonistas de alguns fitopatógenos, além de auxiliar no crescimento das plantas (RESENDE et al., 2004).

Diante do exposto, teve-se como objetivo avaliar o efeito do tratamento de sementes com *Trichoderma* spp. e fungicidas, na qualidade sanitária e fisiológica de sementes de cevada e trigo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia e Fitopatologia, localizado na Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS – *Campus* Erechim, no ano de 2017. As sementes utilizadas foram das cultivares TBIO Sinuelo (trigo) eBRS Elis (cevada).

Os tratamentos consistiram no recobrimento de sementes com triadimenol (37,5 g i.a/100 kg de sementes), piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil (PTF) (5+45+50 g i.a/100 kg de sementes) e dos produtos à base de *Trichoderma*: Trichodel (*Trichoderma* spp. na concentração de $1x10^9$); Trichodermax EC (*Trichoderma asperellum* na concentração de $1,5x10^9$), Trichodermil SC 1306 (*Trichoderma harzianum* na concentração de $2x10^9$). Para todos os tratamentos utilizou-se a dose de 200 mL p.c./100kg de sementes.

O recobrimento das sementes de cevada e de trigo foi realizado manualmente, colocando as sementes e posteriormente os produtos dentro de um saco plástico, agitando-se até a distribuição homogênea sob a superfície das sementes.

O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes cada. Após, realizou-se a semeadura em papel *germitest*, umedecido em 2,5 vezes o seu peso seco e foram confeccionados rolos contendo as sementes. Os rolos foram armazenados em incubadora com temperatura de 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 h. A primeira e a segunda contagem das sementes germinadas foram realizadas, respectivamente, aos quatro e oito dias, para o trigo e aos quatro e sete dias, para a cevada, após a implantação do teste (BRASIL, 2009a).

No teste de envelhecimento acelerado, foram distribuídas 50 sementes em quatro repetições, sobre telas de alumínio suspensas em caixas "gerbox", contendo 40 mL de água destilada. As mesmas foram acondicionadas em incubadora com temperatura de 42 ± 2 ºC por um período de 72 h e, após, procedeu-se a montagem do teste de germinação, considerando-se a mesma metodologia de avaliação (MARCOS FILHO, 1999).

Para o teste de sanidade, foi utilizado o método de "*blotter test"*, sem congelamento e sem o uso do herbicida 2,4-D. Para isso, foram utilizadas 200 sementes, divididas em 4 repetições, distribuídas em caixas "gerbox" contendo duas folhas de papel *germitest* esterilizado e umedecido. Após incubação a 25 ± 2 ºC e fotoperíodo de 12 h, por sete dias, as sementes foram analisadas com o auxílio de microscópio estereoscópico e ótico, sendo observadas estruturas morfológicas dos fungos (BRASIL, 2009b), determinando-se o percentual (%) de incidência de cada gênero por tratamento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do teste F ($p \leq 0,05$) e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas com o auxílio do *software* estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de germinação de sementes de cevada (Tabela 1) evidenciou maior destaque nas sementes tratadas com *Trichoderma harzianum* (91,0%). Quando tratadas com *Trichoderma asperellum*, PTF e triadimenol obteve-se 85,0; 87,5 e 87,5% de germinação, respectivamente. Os piores percentuais foram obtidos na ausência de tratamento(80,5%) e com a utilização de *Trichoderma* spp. (81,5%). Na avaliação de plântulas normais de primeira contagem, ainda para cevada, os melhores percentuais foram observados nos tratamentos com *Trichoderma harzianum* (88,5%), triadimenol (85,5%) e PTF (84,5%) (Tabela 1).

Quanto ao envelhecimento acelerado, contatou-se melhor germinação na Testemunha (78,0%), sendo que o tratamento com triadimenol e *Trichoderma* spp. apresentaram os piores percentuais, 64,0 e 67,5%, respectivamente (Tabela 1). Na primeira contagem de germinação, para o teste de envelhecimento acelerado, houve maior percentual nas sementes com ausência de tratamento (73,0%) e menor percentual nas sementes tratadas com triadimenol (52,5%).

Nos testes de germinação e de envelhecimento acelerado, nas sementes de trigo, não obteve-se diferença significativa entre os tratamentos avaliados. Hossen et al. (2014), ao avaliar a germinação de sementes de duas cultivares de trigo submetidas a diferentes tratamentos químicos, também não observaram interferência dos tratamentos em sementes da cv. Pampeano, enquanto que para a cv. Quartzo, o tratamento com tiametoxam afetou positivamente o percentual de germinação.

Já Migliorini et al. (2012), em ensaio realizado com sementes de canola mostraram que, tanto o tratamento químico, quanto a microbiolização com *Trichoderma* spp., beneficiaram o vigor e a germinação. Porém, as sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado e tratadas com fludioxonil + metalaxil-M; piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil e metalaxil-M + fludioxonil apresentaram germinação comprometida.

Em trabalho conduzido por Faria et al. (2003) sob sementes de algodão, a utilização de isolados de *Trichoderma harzianum* apresentaram germinação e emergência semelhante às sementes tratadas com os fungicidas químicos carboxin+thiram e carbendazin+thiram.

Tabela 1. Germinação (%) e vigor (primeira contagem de germinação – PCG e PCGEA, %) em teste de germinação e de envelhecimento acelerado (EA) de sementes de cevada (cv. BRS Elis) e Trigo (cv. TBIO Sinuelo), após tratamento com fungicidas e produtos à base de *Trichoderma* spp. UFFS - Campus Erechim, 2017.

Tratamento	Germinação	PCG	EA	PCGEA
		Cevada		
Trichoderma harzianum	91,0 a[2]	88,5 a	69,0 ab	62,5 abc
Trichoderma spp.	81,5 b	79,5 ab	67,5 b	59,5 bc
Trichoderma asperellum	85,0 ab	84,0 ab	71,5 ab	68,5 ab
PTF[1]	87,5 ab	84,5 a	72,5 ab	62,5 abc
Triadimenol	87,5 ab	85,5 a	64,0 b	52,5 c
Testemunha	80,5 b	73,5 b	78,0 a	73,0 a
C.V. (%)	4,2	5,8	6,7	8,6
		Trigo		
Trichoderma harzianun	96,0 [ns]	96,0 [ns]	96,0 [ns]	96,0[ns]
Trichoderma spp.	96,0	94,5	96,0	94,0
Trichoderma asperellum	95,5	95,0	97,5	96,0
PTF	97,0	91,0	95,5	94,5
Triadimenol	97,5	91,5	96,0	87,0
Testemunha	97,0	95,0	97,0	96,0
C.V. (%)	3,1	4,3	3,3	5,1

[1]PTF: piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil. [2]Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). [ns]: não significativo pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

No teste de sanidade com sementes de cevada (Figura 1a), houve maior incidência de *Trichoderma* spp. nas sementes inoculadas com *T. harzianum* (75,0%), seguido pelos tratamentos com *Trichoderma* spp. (14,5%) e testemunha (4,5%). Já para o gênero *Alternaria* spp., as sementes com ausência de recobrimento obtiveram o maior percentual de incidência (36,5%), menores percentuais foram relatados nos tratamentos com triadimenol (20,0%), *Trichoderma* spp. (17,0%), PTF (14,5%), *T. harzianum* (13,5%) e *T. asperellum* (5,0%).

Com relação à incidência de *Penicillium* spp. e *Fusarium* spp., os menores percentuais foram observados nas sementes tratadas com *T. harzianum* (1,5% para ambos) e *T. asperellum* (6,5% para ambos). Já para *Aspergillus* spp., a menor incidência foi observada com a utilização de PTF. Na avaliação da sanidade de sementes de trigo, foram identificados os fungos *Trichoderma* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., e *Fusarium* spp. (Figura 1b). A incidência de *Trichoderma* sobressaiu-se nas sementes tratadas com *T. harzianum* (95,5%). Já para *Penicillium* spp., obteve-se uma maior incidência no tratamento com *T. asperellum* (45,5%) e na testemunha (38,5%). Para *Aspergillus* spp., todos os tratamentos apresentaram incidência menor do que a apresentada pela testemunha (20%), enquanto que para *Fusarium* spp., o tratamento com *T. asperellum* destacou-se, apresentando a menor incidência (2%).

Brand et al. (2009) demonstram o potencial de agentes de controle biológico com *Trichoderma* spp. na redução de até 60% na incidência dos gêneros *Rhizopus* e *Aspergillus* em sementes de soja. Do mesmo modo, Migliorini et al. (2012), demonstraram que *Trichoderma* spp. apresenta efeito antagônico aos fungos *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp. e *Fusarium* spp. associados a sementes de canola. Essa capacidade de colonizar a cultura do patógeno já foi relatada por outros autores como Moraga-Suazo et al. (2011) e Carvalho et al. (2015).

Conforme Maciel et al. (2014), a utilização de *Trichoderma* se mostrou eficiente no controle *in vitro* de *Fusarium sambucinum.* Corroborando com o apresentado por Luz (2003), que relatou a redução de *F graminearum, Bipolaris sorokiniana, Drechslera tritici-repentis* e *Aspergillus* spp. em sementes de trigo tratadas com fungicida difenoconazole e/ou *Paenibacillus macerans.*

Hohmann et al. (2011), afirmam que a utilização de *Trichoderma hamatum*, no tratamento de sementes de *Pinus radiata* e/ou a pulverização de suspensão de esporos no sulco, trazem ganhos no comprimento de plântulas e massa seca radicular. Maciel et al (2014), atribui este ganho na performasse da planta, à capacidade do fungo em colonizar a rizosfera das plantas, onde a massa micelial aumenta a absorção de nutrientes e consequentemente o desempenho.

De acordo com Hossen et al. (2014), o tratamento de sementes ativa reações fisiológicas, interagindo com vários mecanismos de defesa, permitindo a planta melhor desempenho frente a condições adversas. Na ausência de tratamento, as sementes estão mais propensas a infecção por patógenos, afetando assim a qualidade fisiológica.

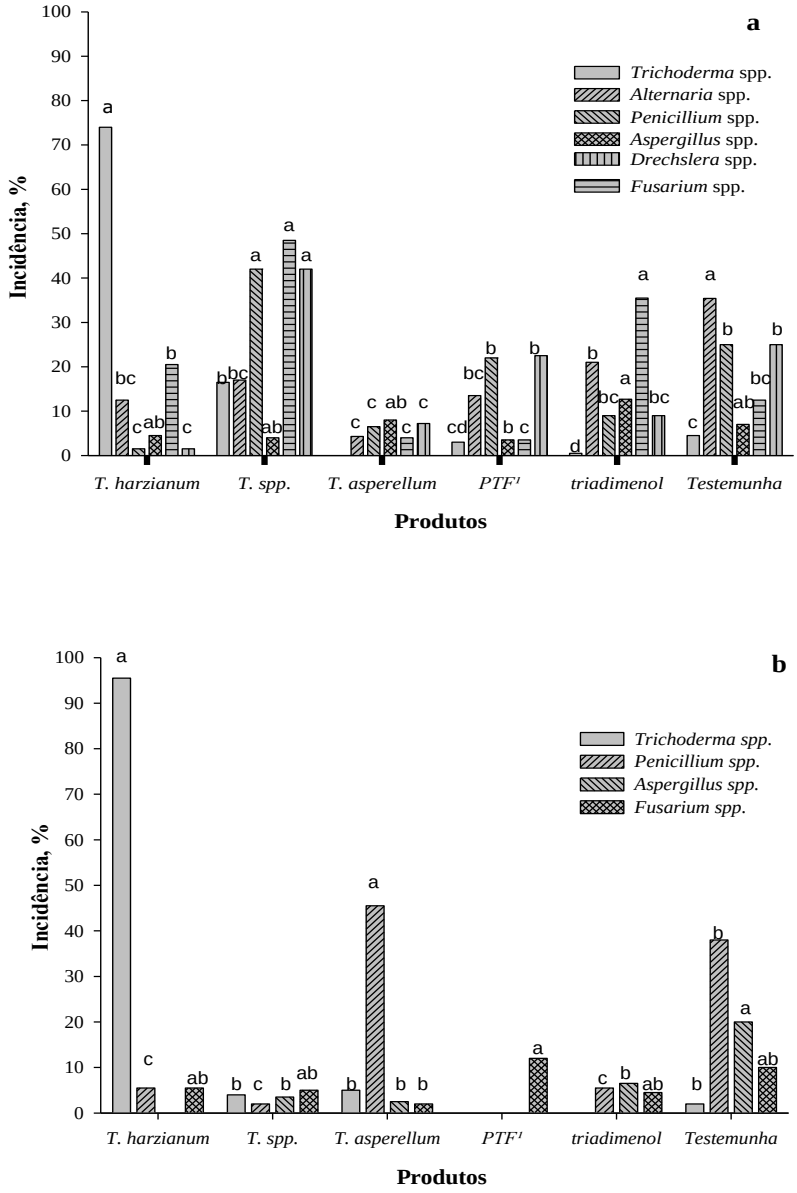


Figura 1. Incidência de fungos (%) em sementes de (a) trigo, cv. TBIO Sinuelo e (b) cevada, cv. BRS Elis, após o tratamento com fungicidas e produtos à base de *Trichoderma* spp.. UFFS - Campus Erechim, 2017. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas nas barras semelhantes não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). [1]PTF: piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil.

4. CONCLUSÃO

O tratamento de sementes de cevada com triadimenol e *Trichoderma* spp. compromete a germinação e o vigor no teste de envelhecimento acelerado.

Todos os tratamentos avaliados diminuíram a incidência (%) de fungos associados as sementes, exceto *Penicillium* spp. no tratamento com *Trichoderma asperellum*.

As sementes de cevada microbiolizadas com *T. harzianum* e *T. asperellum* apresentaram as menores incidências de *Penicilium* spp. e *Fusarium* spp.

Tanto o tratamento químico de sementes quanto a microbiolização com *Trichoderma* spp., são alternativas viáveis para o controle de fitopatógenos em cevada e trigo, via tratamento de sementes.

5. REFERÊNCIAS

Alves, E., Aguiar, E., Pereira, C., Moreira, I., Lopes Filho, L. C. e Santini, J. M. K., 2017. "Efeito do tratamento químico com inseticida/fungicida e polímero na qualidade fisiológica da semente de soja". Revista Científica, Vol. 1, p. 12-18.

Brand, S. C., Antonello, L. M., Muniz, M. F. B., Blume, E., Santos, V. J. e Reiniger, L. R. S., 2009. "qualidade sanitária e fisiológica de sementes de soja submetidas a tratamento com bioprotetor e fungicida". *Revista Brasileira de Sementes.* Vol. 31, p.087-094.

Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2015. "Indicações Técnicas para a produção de Cevada Cervejeira nas Safras 2015 e 2016"**.** 17 mai. 2017 <www.embrapa.br/documents/1355291/1729833/2015-2016-Indicacoes+de+cevada.pdf/ea1bd9f8-2687-48ae-a341-b0ad3c1d220f >.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento., 2009a. "Manual de análise sanitária de sementes." *Mapa/ACS*, 200 f.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento., 2009b. "Regras para análise de sementes." *Mapa/ACS*, 399 f.

Carvalho, D. D., Geraldine, A. M., Lobo Junior, M. e Mello, S. C. M. de.,2015. "Biological controlo f White mold by Trichoderma harzianum in common bean under field conditions". *Pesquisa Agropecuária Brasilera*. Vol.50, p.1220-1224.

Companhia Nacional de Abasteciemnto - CONAB., 2017. "Acompanhamento da safra brasileira. grãos (Monitoramento agrícola) - Safra 2017/18, Primeiro Levantamento**"**. 03 set. 2017. < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_10_11_27_12_boletim_graos_agosto_2017.pdf>.

Faria, A. Y. K., Albuquerque, M. C. F. E. e Cassetari Neto, D., 2003. "Qualidade fisiológica de sementes de algodoeiro submetidas a tratamentos químico e biológico". *Revista Brasileira de Sementes*. Vol.25, p.121-127.

Hohmann, P., Jones, E. E., Hill, R.A. e Stewart, A., 2011. "Understanding Trichoderma in the root system of Pinus radiata: associations between rhizosphere colonization and growth promotion for commercially grown seedlings". *Fungal Biology*. Vol. 115, p.759-767.

Hossen, D. C., Corrêa Junior, E. S., Guimarães, S., Nunes, U. R. e Galon, L., 2014. "Tratamento químico de sementes de trigo". *Pesquisa Agropecuária Tropical*. Vol. 44, p. 104-109.

Luz, W.C., 2003. "Avaliação dos tratamentos biológico e químico na redução de patógenos em semente de trigo." *Fitopatologia Brasileira*, Vol.28, p.93-95.

Maciel, C. G., Walker, C., Muniz, M. F. B. e Araújo, M.M., 2014. "Antagonismo de *Trichoderma* spp.. e Bacillus subtilis (UFV3918) A *Fusarium sambucinum* em Pinus elliottii engelm". *Revista Árvore*, Vol. 38, p. 505-512.

Marcos filho, J., 1999. "Teste de envelhecimento acelerado". Londrina, 1º edição.

Migliorini, P., Kulczynki, S. M., Silva, T. A., Belle, C. e Koch, F., 2012."Efeito do tratamento químico e biológico na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de canola". *Enciclopédia Biosfera.* Vol.8, p. 788 -801.

Moraga-Suazo, P., Opazo, A., Zaldúa, S., González, G. e Sanfuentes, E., 2011. "Evaluation of Trichoderma spp. and Clonostachys spp. Strains to control Fusarium circinatum in Pinus radiate seedlings*". Chilean Journal of Agriculture Research*. Vol.71, p.412-417.

Resende, M. L., Oliveira, J. A., Guimarães, R. M., Pinho, R. G. V. e Vieira, A. R., 2004. "Inoculação de sementes de milho utilizando o *Trichoderma harzianum* como promotor de crescimento". *Ciência Agrotecnica*, Vol. 28, p. 793-798.

Silva, F. de A. S. e Azevedo, C. A. V. de., 2016. "The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data". *African Journal of Agricultural Research*, Vol.11, p.3733-3740.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PRODUTIVIDADE, RENDIMENTO E PRESENÇA DE DEOXINIVALENOL EM CEVADA APÓS APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS PARA CONTROLE DE GIBERELA

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

Nataliê Luíse Fabbian
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
natalie.fabbian@hotmail.com

Aline Netto
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
alinetto1@hotmail.com

Eduardo Silvestrini Tonello
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
eduardotonello@hotmail.com

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

Resumo. *A giberela (Giberella zeae), cuja forma assexuada corresponde a Fusarium graminearum, é uma das doenças que causam perdas na produtividade e qualidade dos grãos de cevada. Objetivou-se avaliar a interferência da aplicação de sequências de fungicidas em parte aérea sobre a produção da micotoxina Deoxinivalenol (DON) e a produtividade da cultura. Os tratamentos, aplicados nos estádios de perfilhamento, elongação, emborrachamento e florescimento da cv. 'BRS Korbel', foram: T1) trifloxistrobina + ciproconazol, trifloxistrobina + tebuconazol, azoxistrobina + tebuconazol, trifloxistrobina + tebuconazol; T2) trifloxistrobina + tebuconazol, azoxistrobina + tebuconazol, trifloxistrobina + protioconazol, carbendazim; T3) trifloxistrobina + ciproconazol + mancozebe, trifloxistrobina + tebuconazol + mancozebe, azoxistrobina + tebuconazol + mancozebe, trifloxistrobina + tebuconazol + mancozebe; T4) trifloxistrobina + tebuconazol + mancozebe, azoxistrobina + tebuconazol + mancozebe, trifloxistrobina + protioconazol + mancozebe, carbendazim + mancozebe; T5) testemunha, sem aplicação de fungicidas. A quantificação de DON foi maior em T2 (721,75 µg/kg) e em T5 houve a menor contaminação (514,05 µg/kg), diferindo dos demais tratamentos. Em relação à incidência de F. graminearum, os tratamentos T4 (47,50%) e T3 (55,00%), apresentaram as menores incidências do patógeno diferindo estatisticamente dos demais. A produtividade foi maior em T1 (4295,1 kg ha^{-1}), seguido por T5 (3691,4 kg ha^{-1}), que diferiram dos demais. Em T4 foi obtida a menor produtividade (1974,1 kg ha^{-1}). Para o peso hectolitro (Ph) e peso de mil grãos (PMG) não houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados.*

Palavras-chave: *Hordeum vulgare L., Fusarium graminearum, DON, controle químico, multisítio.*

1. INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é originária do Oriente Médio e pertence à família Poaceae. Em nível mundial a produção está concentrada na Europa, Ásia e América do Norte. No Brasil, a região Sul responde com cerca de 90% da produção nacional, visto que é uma alternativa para cultivo de inverno e essencial para o planejamento da rotação de culturas na propriedade rural. O principal destino da produção de cevada é para a indústria cervejeira, mas também pode ser empregada na alimentação humana e animal (MORI; MINELLA, 2012; CONAB, 2015).

A ocorrência de doenças de espiga como a giberela, cujo agente etiológico é o fungo *Gibberella zeae* (Schw.) Petch. (teleomorfo) e *Fusarium graminearum* (Schwabe) (anamorfo), pode se tornar fator limitante da produção. O controle de giberela em cevada vem sendo um desafio aos agricultores, visto que não estão disponíveis no mercado cultivares resistentes a doença, que é considerada de plantio direto, onde os restos culturais constituem as principais fontes de

inóculo. Sua manifestação depende de condições meteorológicas favoráveis no período de suscetibilidade da cultura. Além disso, a eficiência do controle é baixa devido à dificuldade de deposição dos fungicidas no alvo da infecção e a translocação deficiente de fungicidas sistêmicos nas espigas. Os danos causados são quantitativos e qualitativos, e os principais são redução de produtividade, peso hectolitro (Ph), teor de proteínas, germinação e vigor das sementes, além da produção de micotoxinas (CASA et al., 2004; REIS; CASA, 2007).

As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos filamentosos e patogênicos e sua produção é mais frequente quando o fungo estiver sob uma condição pouco favorável ao seu desenvolvimento. Isso pode ser causado pela presença de concentrações sub-letais de fungicidas, bem como pelas características bioquímicas desses produtos. Outros fatores que podem elevar o nível de estresse do fungo são temperatura, atividade de água e quantidade de oxigênio inadequado ao seu desenvolvimento. Produzida por *Fusarium graminearum*, a micotoxina deoxinivalenol (DON), é uma importante fonte de contaminação em grãos de cevada, além disso, a presença de DON na cerveja pode causar a produção excessiva de espuma, causando derramamento na abertura de uma garrafa e danos na qualidade da cerveja (D'MELLO; MACDONALD, 1997; LAMARDO et al., 2006; MAZIERO; BERSOT, 2010).

A concentração de micotoxinas presentes na cevada é um aspecto importante, visto que seu principal destino é a malteação e, durante este processo, a micotoxina DON não é completamente eliminada. Lotes de cevada que superam os Limites Máximos Tolerados (LMTs) de micotoxinas, previstos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), são destinados à alimentação animal (LINKO, 1998).

Pelo exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a severidade de giberela em espigas e a incidência de *Fusarim graminearum* em grãos de cevada, a partir da aplicação de sequências de fungicidas em parte aérea, e a interferência destes tratamentos na produção da micotoxina Deoxinivalenol, produtividade e componentes de rendimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia e Fitopatologia e na Área Experimental, ambos localizados na Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, RS. A cultivar utilizada foi a 'BRS Korbel', de ciclo precoce (125 a 135 dias), cujas sementes foram doadas pela Ambev – Maltaria Passo Fundo. Antes da implantação do experimento a campo, foi realizado em laboratório o teste de germinação das sementes, as quais obtiveram 76% de germinação (BRASIL, 2009). O experimento de campo foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições, totalizando 20 parcelas, com área de 12 m^2 (3m x 4m) cada.

Para o tratamento de sementes, foram utilizados 200 mL de produto comercial, contendo o inseticida fipronil e os fungicidas piraclostrobina e metil tiofanato, para cada 100 kg de sementes. A área, previamente cultivada com o consórcio entre aveia-preta e nabo forrageiro, foi manejada com rolo-faca e, em seguida, dessecada com herbicida glyphosate. A semeadura foi realizada em sistema plantio direto, no dia 16 de junho de 2016. Foi adotado um espaçamento entrelinhas de 0,17 m com vistas à obtenção da densidade populacional final de 300 plantas emergidas/m^2. Para adubação de base utilizou-se a fórmula 05-20-20 na proporção de 300 kg ha^{-1}. A aplicação de nitrogênio em cobertura foi feita com ureia (46% de N), na dose de 65 kg de N ha^{-1}, sendo 45 kg N ha^{-1} aplicados no estádio de perfilhamento e 20 kg N ha^{-1} na elongação da cultura (INDICAÇÕES TÉCNICAS, 2015).

A primeira aplicação de fungicida (28/07/2016) foi realizada na fase de perfilhamento; a segunda (12/08/2016) na fase de alongamento; a terceira (07/09/2016) na fase de emborrachamento; e a quarta aplicação (22/09/2016) foi realizada no florescimento. Todas as aplicações foram realizadas com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado por CO_2, com ponta de pulverização cônica TXA 8002 VK, com pressão de 29,0 Psi, resultando em vazão constante de 150 L ha^{-1}.

Em pós-emergência da cevada não foi aplicado nenhum herbicida para o controle de plantas daninhas. Sendo assim, nas parcelas em que havia presença de azevém e aveia-preta, realizou-se o arranquio manual dessas plantas. Além disso, não houve necessidade de aplicação de inseticidas, pois a população de insetos-praga não atingiu o nível de dano econômico.

A colheita foi realizada no dia 01/11/2016 através do corte manual das plantas, com o auxílio de uma foice e a trilha das amostras foi realizada manualmente. Para a determinação da produtividade, foram coletadas espigas em uma área útil de 4 m² por parcela, avaliando-se o peso hectolitro (Ph) em balança hectolítrica e o peso de mil grãos, determinado através da pesagem de oito repetições de 100 grãos. Para cada amostra foi calculada a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação (BRASIL, 2009). A estimativa de produtividade por tratamento foi feita a partir da pesagem dos grãos provenientes de cada parcela, sendo a umidade corrigida para 13%.

A avaliação e quantificação da presença da micotoxina DON nos grãos foi realizada através da técnica de ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*). Essa etapa foi conduzida no Laboratório da AMBEV – Maltaria Passo Fundo, e, para isso, 20 g de grãos de cevada de cada tratamento, no estádio de maturação fisiológica, foram triturados em liquidificador durante um minuto, juntamente com 100 mL de água bidestilada. O extrato resultante foi filtrado em microfibra de vidro, adicionando-se 5 mL a 15 mL de água bidestilada. Nos poços da placa de ELISA, foram pipetados 100 µL da solução conjugada para DON acrescidos de 50 µL do padrão zero (no primeiro poço) e, no segundo poço, colocou-se a solução conjugada para DON e 50 µL do padrão 0,25.

Tabela 1. Sequências de aplicação de fungicidas para o controle de giberela em cevada, cv. 'BRS Korbel'.

Tratamento	**g i.a. L^{-1}**	**g i.a. kg^{-1}**
T1		
Trifloxistrobina + ciproconazol	375 + 160	-
Trifloxistrobina + tebuconazol	100 + 200	-
Azoxistrobina + tebuconazol	120 + 200	-
Trifloxistrobina + tebuconazol	100 + 200	-
T2		
Trifloxistrobina + tebuconazol	100 + 200	-
Azoxistrobina + tebuconazol	120 + 200	-
Trifloxistrobina + protioconazol	150 + 175	-
carbendazim	500	-
T3		
Trifloxistrobina + ciproconazol + mancozebe	375 + 160	-
	-	800
Trifloxistrobina + tebuconazol + mancozebe	100 + 200	-
	-	800
Azoxistrobina + tebuconazol + mancozebe	120 + 200	-
	-	800
Trifloxistrobina + tebuconazol + mancozebe	100 + 200	-
	-	800
T4		
Trifloxistrobina + tebuconazol + mancozebe	100 + 200	-
	-	800
Azoxistrobina + tebuconazol + mancozebe	120 + 200	-
	-	800
Trifloxistrobina + protioconazol + mancozebe	150 + 175	-
	-	800
Carbendazim + mancozebe	500	-
	-	800
T5		
Testemunha		

Na sequência, foram pipetados 50 µL de cada amostra e misturadas três vezes à solução conjugada e, em seguida, transferidas para poços correspondentes em uma nova placa. As amostras foram incubadas durante 15 min e a placa lavada (por cinco vezes) com solução de lavagem para DON e enxugada em papel toalha. Posteriormente, 100 µL da solução substrato foram adicionados às amostras e uma nova incubação (de 5 min) foi realizada. O indicativo da presença da toxina foi a observação do surgimento de uma coloração azul em alguns poços. Depois dessa etapa, 100 µL da solução STOP foram pipetados e as amostras colocadas em leitor de ELISA. Os níveis de DON foram expressos em partes por bilhão (ppb).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do teste F ($p \leq 0,05$) e, caso significativo, procedeu-se a comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas através do *software* estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de cevada foi maior nos tratamentos T1 (4295,1 kg ha^{-1}) e T5 (3691,4 kg ha^{-1}), respectivamente, sendo que estes diferiram estatisticamente dos demais (Tabela 2). De acordo com SANTANA et al. (2013) resultados

semelhantes foram encontrados em trigo, em que o tratamento com trifloxistrobina + tebuconazol apresentou maior rendimento de grãos.

O tratamento T4 apresentou a menor produtividade (1974,1 kg ha^{-1}), seguido pelo tratamento T2 (Tabela 2). Ambos receberam aplicação de trifloxistrobina + protioconazol e isso poderia ser atribuído à fitotoxicidade do fungicida, pela concentração de seus ingredientes ativos ou à sensibilidade da cultivar. De acordo com ROSEGHINI (2016), aplicações de trifloxistrobina + protioconazol provocaram sintomas de fitotoxicidade em soja.

Tabela 2. Peso hectolitro (Ph), produtividade (kg ha^{-1}), peso de mil grãos (PMG, g) e nível de DON (µg/kg - ppb) em cevada, cv. 'BRS Korbel', após tratamento com diferentes sequências de aplicação de fungicidas para o controle de giberela.

Tratamento	Ph	kg ha^{-1}	PMG (g)	DON -- µg/kg (ppb) --
1	54,17^{ns}	4295,1 a[1]	34,77 ^{ns}	671,42 ab
2	54,9	2507,3 bc	34,67	721,75 a
3	54,5	2968,2 b	33,43	574,15 bc
4	54,2	1974,1 c	35,01	595,35 abc
5	53,9	3691,4 a	33,85	514,05 c
Média	54,3	3087,2	34,3	615,34
C.V. (%)	1,11	10,3	4,7	9,86

[1]Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ^{ns}: não significativo ($p \leq 0,05$).

Em T5 (testemunha) não houve redução da produtividade o que pode ser explicado pelas condições meteorológicas que vigoraram na safra 2016, não sendo estas favoráveis a epidemias de doenças fúngicas, como a giberela. Sendo assim, a aplicação de fungicidas não foi o fator determinante da produção. Para o Ph não houve diferença estatística em nenhum dos tratamentos avaliados, embora em T2 (54,9) e T3 (54,5) tenham sido observados os maiores valores para essa variável.

O tratamento T5 apresentou Ph inferior aos demais. De acordo com BETHENOD et al. (2005), aplicações de fungicidas proporcionam às folhas maior sanidade, o que as torna capazes de manter maior taxa de produção de fotoassimilados quando comparadas com folhas infectadas por doenças. Casa et al. (2002) verificaram que nos tratamentos com fungicida houve aumento de Ph, em comparação com tratamentos sem aplicações de fungicidas.

Conforme a avaliação de PMG observou-se que os resultados não diferiram estatisticamente, sendo que T4 (35,01 g) apresentou o maior PMG, seguido por T1 (34,77 g) e T2 (34,67 g), respectivamente (Tabela 2). Segundo COOK et al. (1999), o controle de doenças fúngicas permite o prolongamento do ciclo das culturas, desse modo, é possível que as folhas mantenham-se verdes por um período mais prolongado, proporcionando maior rendimento de grãos.

Na análise da micotoxina Deoxinivalenol, como exposto na tabela 2, constatou-se que o tratamento testemunha apresentou o menor índice de contaminação por DON (514,05 µg/kg - ppb), diferindo estatisticamente de T1 e T2, sendo o tratamento T2 (721,75 µg/kg - ppb) o que apresentou maior contaminação pela micotoxina. Conforme RAMIREZ et al. (2004), estresses causados por temperatura, quantidade de oxigênio, atividade de água e concentração sub-letal de fungicidas, podem prejudicar algumas linhagens do fungo que respondem através da produção de metabólitos secundários. Ademais, aplicações do fungicida carbendazim podem aumentar a contaminação por DON, entretanto, fungicidas do grupo dos triazóis, tem se destacado na eficiência de controle de giberela e na redução da contaminação por esta micotoxina. A produção de DON possui relação com a quantidade de biomassa fúngica, severidade da doença e aplicação de fungicidas. Segundo WEGULO (2012), o grupo das estrobilurinas tem pouco efeito erradicante sobre *F. graminearum*, fator que pode causar estresse ao fungo, fazendo com que este aumente a produção de micotoxinas.

O LMT para a micotoxina DON em grãos de cevada e cevada malteada é de 1000 e 750 µg kg^{-1} ou partes por bilhão (PPBs), respectivamente (Anvisa, 2011). Desse modo, pode-se observar que em nenhum dos tratamentos avaliados a concentração de DON foi igual ou superior ao LMT, o que pode ser devido, principalmente, à baixa pressão de inóculo e severidade de giberela, em decorrência das condições meteorológicas desfavoráveis (temperatura e pluviosidade) existentes durante a safra 2016 e da aplicação de fungicidas, conforme previsto nos tratamentos.

Em anos com baixa pressão de inóculo inicial de *F. graminearum* e ausência de condições meteorológicas favoráveis, a aplicação de fungicidas não é um fator determinante sobre a produtividade e a produção de micotoxinas, cuja margem atende os LMTs estabelecidos pela Anvisa.

4. CONCLUSÃO

Após a realização deste trabalho e interpretação dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Nenhum dos tratamentos avaliados excede o limite máximo tolerado (LMT) para a micotoxina Deoxinivalenol (DON), o que pode ter relação com as condições meteorológicas desfavoráveis ao patógeno.

- O tratamento T5 e a sequência de aplicação de fungicidas representada em T1 apresentaram a maior produtividade de cevada na safra 2016.

5. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA),2011. RDC No. 7: "Legislação sobre micotoxinas. "Alimentos para consumo humano". 1 jul. 2017 <http://www.micotoxinas.com.br/legisla.html>.

Bethenod, O.; Corre, M. LE.; Huber, L.; Sache, I., 2005. "Modelling the impacto f brown rust on wheat crop photosynthesis after flowering". *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, Vol.131, p. 41-53.

Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2015. "Indicações Técnicas para a produção de Cevada Cervejeira nas Safras 2015 e 2016"**.** 17 mai. 2017 <www.embrapa.br/documents/1355291/1729833/2015-2016-Indicacoes+de+cevada.pdf/ea1bd9f8-2687-48ae-a341-b0ad3c1d220f >.

Brasil,2009. "Regras para Análise de Sementes". Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília. 1° edição.

Casa, R. T.; Reis, E. M.; Blum, M. M. C.; Bogo, A; Scheer, O.; Zanata, T.,2004. "Danos Causados pela Infecção de Gibberella zeae em Trigo". *Fitopatologia Brasileira*, Vol.29, p. 289-293.

Casa, R.T.; Hoffmann, L.L.; Panisson, E.; Mendes, C.C.; Reis, E.M., 2002. "Sensibilidade de *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* a alguns fungicidas". *Fitopatologia Brasileira*, Vol.27, p.627-630.

Companhia Nacional de Abasteciemnto - CONAB., 2016. "Acompanhamento da safra brasileira. grãos (Monitoramento agrícola) - Safra 2015/16, Primeiro Levantamento**"**. 10 mai. 2016. <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_10_09_09_03_07_boletim_graos_outubro_2015.pdf>.

Cook, R.J.; Hims. M.J.; Vaughan, T.B.,1999. "Effects of fungicide spray timing on winter disease control". *Plant Pathology*, Vol.48, p.33-50.

D'Mello, J. P. F.; macdonald, A. M. C.,1997. "Mycotoxins*". Animal Feed Science and Technology*, Vol. 69, p.155-166.

Del Ponte, E. M; Fernandes, M. C.; Pierobom, C. R.; Bergstrom, G. C., 2004. "Giberela do trigo – aspectos epidemiológicos e modelos de previsão". *Fitopatologia Brasileira*, Vol.29, p. 587-605.

Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária - EMBRAPA TRIGO,2004. "Informações gerais sobre a giberela em trigo e em cevada." Passo Fundo: (Comunicado Técnico Online, 40). 18 abr. 2017.<http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do40_2.htm>.

Lamardo, L. C. A.; Navas, S. A.; Sabino, M., 2006. "Desoxinivalenol (DON) em trigo e farinha de trigo comercializados na cidade de São Paulo*". Revista do Instituto Adolfo Lutz*, Vol.65, p. 32-35.

Lima, M. I. P. M., 2002. "Métodos de amostragem e avaliação de giberela usados na Embrapa Trigo". Passo Fundo: (Documentos 27). 20 abr. 2017 <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do27_f3.htm>.

Linko, M.; Haikara, A.; Ritala, A.; Penttilã, M., 1998. "Recent advances in the malting and brewing industry". *Journal of Biotechnology*, Vol.75, p. 85-98.

Maziero, M. T; Bersot, L. S.,2010. "Micotoxinas em alimentos produzidos no Brasil". *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Vol.12, p.89-99..

Mori, C. D.; Minella, E.,2012. "Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada". 7 mai. 2016 <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.pdf>.

Panisson, E.; Reis, E.M.; Boller, W.,2003. "Quantificação de danos causados pela Giberela em cereais de inverno, na safra 2000, em Passo Fundo, RS*". Fitopatologia Brasileira*, Vol.28, p.189-192.

Ramirez, M. L.; Chulze, S.; Magan, N., 2004. "Impact of environmental factors and fungicides on growth and deoxinivalenol production by *Fusarium graminearum* isolates from Argentinian wheat". *Crop Protection*, Vol. 23, p. 117–125.

Reis, E. M.; Casa, R. T., 2007. "Doenças dos cereais de inverno diagnose, epidemiologia e controle". Lages, 2° edição.

Ribeiro, F. C.; Erasmo, E. A. L.; Moraes, E. B.; Cerqueira, F. B.; Matos, E. P.; Rocha, F. S., 2016. "Fungicidas aplicados na cultura da soja visando o controle da ferrugem asiática no estado do Tocantins", *Revista Cultivado o Saber*, Vol. 9, p. 198 – 209.

Roseghini, L. A. P.,2016. "Fitotoxidez por fungicidas em soja e relação com a produtividade". Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados: MS, 27 f.

Santana, F. M.; Lau, D.; Maciel, J. L. N.; Cargnin, A.; Seixas, C. D. S.; Bassoi, M. C.; Schipanski, C. A.; Feksa, H.; Casa, R. T.; Wesp, C.; Navarini, L.; Blum, M., 2012. "Eficiência de fungicidas para o controle da giberela no trigo, na safra 2011". 24 fev. 2017 < file:///C:/Users/User/Downloads/2012-comunicado-tecnico-23%20(2).pdf >.

Santana, F. M.; Lau, D.; Wesp, C.; Feska, H.; Cargnin, A.; Floss, L. E., 2013. "Eficiência de fungicidas para controle de giberela em trigo: resultados dos ensaios cooperativos - safra 2013". 24 fev. 2017 https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107136/1/135-Trigo.pdf.

Silva, F. de A. S. E.; Azevedo, C.A.V. de., 2009. "Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance". In: *Word congress on computers in agriculture*, *7*, Reno-NV-USA. 15 Abr. 2017. < http://www.assistat.com/indexp.html>. 15 Abr. 2017.

Spolti, P.; Del Ponte, E. M., 2013. "Agressividade diferencial de espécies do complexo *Fusarium graminearum* em interação com o fungicida tebuconazole na redução do rendimento de trigo". *Ciência Rural*, Vol.43, p.1569-1575.

Wegulo, S. N., 2012. "Factors Influencing Deoxynivalenol Accumulation in Small Grain Cereals". *Toxins*, Vol. 4, p. 1157 – 1180.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DESEMPENHO PRODUTIVO DO TIFTON 85 SUBMETIDO A DIFERENTES FONTES E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

Diogo Vitale Canova
Jakson Alexandre May
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Agrárias
d_canovaf11@hotmail.com
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Agrárias
jaksonmay@hotmail.com

Amito José Teixeira
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Agrárias
amito@uricer.edu.br

Resumo: *O presente trabalho foi realizado com o objetivo de determinar o manejo ideal da adubação nitrogenada para o Tifton 85. Os objetivos específicos foram: estimar o potencial de rendimento de forragem verde e de matéria seca; avaliar diferentes níveis e tipos de adubação nitrogenada; estimar o valor nutritivo da forragem (proteína bruta). O plantio das mudas de Tifton 85 foi realizado no mês de outubro de 2015. O delineamento experimental utilizado foi o blocos ao acaso. Os tratamentos testados foram os seguintes: T1-controle; T2-50 kg N (uréia); T3-100 kg N (uréia); T4-50 kg Super N 45; T5-100 kg Super N 45. Para avaliação do rendimento da forrageira uma amostra de forragem verde foi pesada, determinando a matéria verde, secada em estufa com temperatura de 60ºC e posteriormente com temperatura de 105ºC até peso constante para determinação da Matéria Seca. E para determinação da proteína bruta as amostras já secas, foram trituradas. Foi procedida a análise da variância, com a aplicação do teste de médias Tukey 5% para diferenciação entre os tratamentos dos atributos avaliados. Observou-se que a dose de 100 kg ha^{-1} de Super N 45 produziu a maior quantidade de matéria verde, seca e proteína bruta.*

Palavras Chave: *Tifton 85, Massa Verde, Massa Seca, Proteína Bruta, Adubação Nitrogenada*.

INTRODUÇÃO

O leite está entre os produtos mais importantes do agronegócio brasileiro, o agronegócio do leite desempenha um papel relevante no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população. A cadeia produtiva do leite passou por diversas mudanças desde o início do século XXI até os dias atuais, sendo assim a grande maioria dos países teve que se adaptar às novas regras de mercado.

Segundo dados divulgados em outubro de 2014 pelo International Farm Comparison Network (IFCN) o Brasil ocupa a quinta posição da produção mundial de leite. No Brasil, a produção de leite está distribuída por todo o país e a heterogeneidade do processo produtivo é marcante. A modernização desta atividade tem levado a redução do número de produtores, permanecendo aqueles que possuem maior produção e melhor posicionamento tecnológico (Ometto e Carvalho, 2006). Países desenvolvidos possuem produtividade mais elevada e maior escala de produção (Carvalho, *et al*., 2007). A Nova Zelândia e a Autrália, desenvolveram um modelo próprio de produção de leite, com características diferentes do modelo desenvolvido e preconizado pelos norte-americanos e canadenses.

O Rio Grande do Sul possui condições para desenvolver um modelo de produção de leite específico e altamente competitivo (Silva Neto, 2005). No Rio Grande do Sul predominam pequenos produtores, que têm no leite uma forma estável de renda. Os produtores, na sua grande maioria, são carentes de assistência técnica oficial e possuem baixa tecnologia. A maior parte da produção provém de propriedades com tamanho inferior a 30 hectares, sendo que nestas propriedades predominam o sistema de produção a base de pasto. Com isso torna-se necessário o uso de práticas que minimizem ou não elevem os custos de produção e possibilitem o uso eficiente de recursos, tanto ambientais quanto econômicos, fazendo com que a produtividade por animal e por área seja maximizada. O desconhecimento do manejo adequado e do potencial produtivo das pastagens caracteriza a baixa eficiência produtiva do rebanho, fazendo com que o retorno econômico dos produtores seja inferior ao potencial da atividade.

A importância econômica das pastagens pode ser facilmente caracterizada porque constitui a base dos sistemas de produção de bovinos, sendo então responsáveis por grande parte dos 7,0 milhões de toneladas de carne e 31,6 milhões de litros de leite produzidos em 2010 (CNPGL, 2012).

O Rio Grande do Sul possui um rebanho bovino de aproximadamente 14 milhões de animais, sendo este o 6º maior rebanho bovino do país. O Brasil por sua vez, possui o maior rebanho comercial do mundo, cerca de 211 milhões de bovinos (IBGE, 2015). A produção leiteira no estado do Rio Grande do Sul se destaca, pois, apresenta a segunda maior produção de leite do país, o que significa que o estado produz aproximadamente 13% do total no Brasil (Atlas Socioeconômico-RS, 2015).

A produtividade no estado vem aumentando ano a ano, isto se deve a vários fatores como o melhoramento genético, o uso de novas tecnologias, além do principal fator que é a correta alimentação dos animais. A grande maioria das propriedades gaúchas, produtoras de leite, são de porte pequeno a médio, normalmente de agricultores familiares, onde a mãe e os filhos ficam responsáveis pelas tarefas de ordenha. O custo de produção do leite vem aumentando e muito nesses últimos anos, diminuindo assim a renda das famílias. O uso de alimentos concentrados encarece o custo de produção. A alternativa é fornecer ao gado leiteiro alimentos volumosos, normalmente silagem e pastagens. Estes se bem escolhidos e bem manejados podem suprir quase que integralmente as necessidades nutricionais dos animais e diminuir os custos de produção (Carvalho de Castro C. *et al.*, 1998).

A região Sul do país possui um clima favorável à exploração de gramíneas perenes como a Tifton 85. A Tifton 85 apresenta um grande potencial para a produção de forragem para o gado. O Tifton 85, é uma gramínea (Poaceae) do gênero Cynodon, é um híbrido estéril resultante do cruzamento da Tifton 68 com a espécie Bermuda Grass (PI290884) proveniente da África do Sul. O Tifton 85 apresenta alta palatabilidade, digestibilidade e grande produção de massa verde, excelente capacidade de adaptação em diferentes ambientes, pois possuem rizomas, caules subterrâneos que mantém as reservas de carboidratos e nutrientes, proporcionando maior resistência e persistência da pastagem em situações de estresses como geadas, secas e pastejo intensivo. São poucas as informações existentes sobre o potencial forrageiro do Tifton 85 em solos brasileiros. Apesar disso, o Tifton 85 foi introduzido em muitos sistemas de produção de leite, motivados por propagandas promovidas pelos setores privados, responsáveis pela introdução dessa forrageira no país.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de refinar técnicas de manejo de forrageiras de verão, avaliando a dose e o tipo de adubação nitrogenada para o Tifton 85, visando aumentar a produtividade de leite nas propriedades rurais da região do Alto Uruguai Gaúcho. Os objetivos específicos do presente trabalho foram: - Estimar o potencial de rendimento de forragem verde, - Estimar o potencial de rendimento de matéria seca, - Avaliar diferentes doses e tipos de adubação nitrogenada, - Estimar o valor nutritivo da forragem (proteína bruta).

MATERIAIS E MÉTODO

O experimento foi desenvolvido na área experimental da ESED – URI Campus de Erechim – RS. O clima de Erechim é considerado subtropical úmido, temperatura média anual de 18,5°C, tendo invernos frios, raramente de forma demasiada, e verões com temperaturas moderadas. Os meses mais quentes, janeiro e fevereiro, têm temperatura média de 23°C, e os meses mais frios, junho e julho, de 13°C. A precipitação média anual é de 1777,8 mm, sendo abril o mês mais seco, quando ocorrem 118,2 mm, em média. Em setembro, o mês mais chuvoso, a média fica em 206,8 mm.

A área destinada a implantação do experimento foi amostrada no mês de maio de 2015, tendo em vista a correção de solo adequada através da adubação química. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas de 4 m², sendo formado por 6 blocos com 5 tratamentos, totalizando 30 unidades experimentais.

A área do experimento (Figura 1) é classificada como Latossolo Vermelho aluminoférrico húmico que vem sendo cultivado desde 2003 com culturas anuais de grãos sob sistema plantio direto. A área localiza-se no Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim-RS. Coordenadas geográficas referentes ao local do experimento 27º36’37,60” S e 52º13’34,51” O.

Figura 1. Imagem de Satélite do local do experimento, destacando a localização da área onde o experimento foi desenvolvido.

A sistematização inicial da área experimental foi feita em maio de 2006, com a aplicação de calcário, fósforo e potássio, incorporados ao solo com uma aração e duas gradagens, de acordo com os resultados da análise química do solo. Foram utilizadas na ocasião, 4 T ha^{-1} de calcário dolomítico (PRNT 75,1%), 125 kg ha^{-1} de superfosfato triplo e 100 kg ha^{-1} de cloreto de potássio, iniciando-se, em seguida, a implantação das culturas de aveia preta e nabo forrageiro dando início ao sistema plantio direto. A última reaplicação de calcário, sem incorporação ao solo, foi em maio de 2010 quando se utilizou novamente 4 T ha^{-1} de calcário dolomítico (PRNT 75,1%).

O preparo da área para o plantio da pastagem onde se realizou o experimento foi feita entre os meses de agosto e outubro de 2015. O local onde foi implantada a pastagem foi medido, delimitando-se a área necessária e colocando-se estacas a fim de delimitar os blocos. A divisão das parcelas foi feita depois que a pastagem estava bem desenvolvida, já que o experimento visava à avaliação individual das parcelas submetidas à diferentes níveis e fontes de adubação nitrogenada.

A adubação química de correção foi realizada no momento do plantio das leivas, utilizou-se a fórmula comercial (NPK) 05–20–20 de acordo com o laudo de análise de solo, fazendo-se a incorporação do mesmo. A implantação da pastagem de Tifton 85 foi realizada na primeira quinzena do mês de outubro de 2015. O plantio das ramas foi realizado após uma precipitação de aproximadamente 40 mm. No período de pegamento das leivas ocorreram precipitações em quantidade satisfatória, não havendo a necessidade de irrigação da área do experimento.

No mês de dezembro foi realizada uma limpeza em toda a área, com a limpeza dos corredores e canteiros. Foi necessário fazer várias limpezas durante todo o período, pois o crescimento de plantas daninhas e do Tifton 85 para fora dos canteiros foi muito grande. Primeiramente foi efetuado um corte de uniformização de todas as parcelas do experimento, e logo após foram aplicados os tratamentos.

Os tratamentos consistiram em: T1 - controle; T2 - 50 kg de Nitrogênio (uréia) após o corte da pastagem; T3 - 100 kg de Nitrogênio (uréia) após o corte da pastagem; T4 - 50 kg de Super N 45 (Tecnologia Agrotain - Inibidor da Urease) após o corte da pastagem; T5 - 100 kg de Super N 45 (Tecnologia Agrotain - Inibidor da Urease) após o corte da pastagem.

A aplicação dos tratamentos foi feita no dia 12 de março de 2016, em cobertura. Os cortes foram realizados com tesoura de poda manual, sendo que se utilizou uma bordadura de 50 cm no entorno de cada parcela. No centro de cada parcela foi coletado o material para posterior avaliação com a área útil de 1 m² no segundo corte, após a aplicação dos tratamentos, o material coletado da região central (1 m²) de cada parcela foi encaminhado para avaliação de matéria verde (MV) e matéria seca (MS). Tais avaliações foram feitas através da pesagem do material cortado de cada parcela, deixando-se uma altura de resíduo de aproximadamente 10 cm. O material cortado e identificado no local do experimento foi pesado utilizando-se balança de precisão do laboratório de secagem me armazenagem do campus II da URI Erechim. Após isso foi feita uma pré-secagem do material em estufa a 60ºC durante 24 horas. Após o material passou por uma secagem a 105 ºC até atingir peso constante.

Após as análises de matéria seca as amostras foram trituradas, para determinar-se o valor nutritivo (proteína bruta). Tal procedimento foi realizado no laboratório de bromatologia da URI - Erechim. Todos os valores de matéria verde (MV), matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) obtidos em 1 m² foram extrapolados para um hectare.

A partir da tabulação dos dados e da análise estatística os dados foram interpretados. A seguir foi procedida a análise da variância, com a aplicação do teste de médias Tukey 5% para diferenciação entre os tratamentos dos atributos avaliados (MV, MS e PB). Para efetuar a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores – ASSISTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos (Tabelas 1, 2 e 3), foram observados aumentos progressivos na produção de Matéria Verde, Matéria Seca e Proteína Bruta em função do aumento da dose de Uréia e de Super N em relação à testemunha. A dose de 100 kg ha^{-1} de Super N apresentou resultados significativos em relação à testemunha e aos demais tratamentos ($p < 0,05$).

Nos Estados Unidos, Hill et al. (1996) verificaram que o Tifton 85 apresentou elevado potencial para a produção de forragem, tendo registrado produções de matéria seca que variaram de 14,7 a 18,6 T ha^{-1} ano^{-1}, dependendo da adubação nitrogenada e da frequência de cortes, verificando-se o mesmo no trabalho desenvolvido por Alvim (1998).

Tabela 1. Produção de Matéria Verde por hectare nos diferentes tratamentos.

Tratamento	Matéria Verde (kg ha^{-1})
T1	11.748,61[c]
T2	15.912,22[b]
T3	16.133,88[b]
T4	16.806,66[b]
T5	23.936,66[a]
CV	10,44%

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2. Produção de Matéria Seca por hectare nos diferentes tratamentos.

Tratamento	Matéria Seca (kg ha^{-1})
T1	3.199,54[c]
T2	3.957,53[b]
T3	4.324,33[b]
T4	4.365,68[b]
T5	6.352,86[a]
CV	11,98%

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3. Produção de Proteína Bruta por hectare nos diferentes tratamentos.

Tratamento	Proteína Bruta (kg ha^{-1})
T1	419,88[c]
T2	548,12[b]
T3	614,63[b]
T4	629,28[b]
T5	976,43[a]
CV	10,12%

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

No presente trabalho, a dose de 100 kg ha^{-1} de Super N 45 (Tecnologia Agrotain) apresentou os melhores resultados de MV, MS e PB tendo apresentando resultados significativamente melhores comparados com os tratamentos de 50 kg ha^{-1} de Ureia e Super N 45 e 100 kg ha^{-1} de Uréia. Já, a produção de Matéria Verde, Matéria Seca e Proteína Bruta, alcançadas na ausência da adubação nitrogenada foram muito baixas, mostrando entre outros fatores, a importância do Nitrogênio para elevar a taxa de crescimento e produtividade por área do Tifton 85.

CONCLUSÃO

A aplicação de 100 kg ha^{-1} de Super N 45 (Tecnologia Agrotain) proporciona produção expressiva de forragem verde de Tifton 85, assim como maior produção de Matéria Seca e Proteína Bruta do Tifton 85. O Tifton 85 com adubação nitrogenada, alcança elevada produção de forragem, o que possibilita indicar essa forrageira como alternativa para produção de leite a pasto.

REFERENCIAS

ALENCAR, C.A.B.; CUNHA, F.F; MARTINS, C.E.; CÓSER, A.C.; ROCHA, W.S.D.; ARAÚJO, R.A.S. "Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo", Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, p. 98-108, 2009.

ALVIM, M.J.; VILELA, D.; LOPES, R.S. Efeitos de dois níveis de concentrado sobre a produção de leite de vacas da raça Holandesa em pastagem de coast-cross (Cynodon dactylon (L.) Pers.). Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 967-975, set./out. 1997.

ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; BOTREL, M.A.; MARTINS, C.E. Resposta do coastcross (Cynodon dactylon (L.) Pers.) a diferentes doses de nitrogênio e intervalos de cortes. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 833-840, set./out. 1998.

BURTON, G.W.; GATES, R.N.; HILL, G.M. Registration of Tifton 85 bermudagrass. Crop Science, Madison. v.33, p.644-645, 1993.

CARVALHO, P.C.F.; SANTOS, D.T.; NEVES, F.P. Oferta de forragem como condicionadora da estrutura do pasto e do desempenho animal. In: DALL'AGNOL, M.; NABINGER, C.; SANTANA, D.M. et al. (Org.). Sustentabilidade Produtiva do Bioma Pampa. Porto Alegre: Gráfica Metrópole Ltda., v.1, p. 23-60. 2007.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.). Pastagens: fundamentos da exploração racional. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 121-153.

COWAN, R. T. Responses to concentrate feeding. In: HIGH PRODUCTION PER COW SEMINAR, 1990, Sidney.Proceedings... Sidney : Queensland Department of Primary Industries, 1990. p. 14-26.

FERNANDEZ, D.; GOMEZ, I.; PARETAS, J.J. Fertilización nitrogenada en bermuda cruzada n.1 (Cynodon dactylon) sobre suelo pardo tropical. Pastos Y Forrajes, La Habana, v.6, n.1, p.45-52, 1983.

FLOSS, E.L. Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê – Passo Fundo, RS: Universidade de Passo Fundo, 2011.

FONSECA, D.M. da; MARTUSCELLO, J.A. Plantas forrageiras. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 537 p.

GOMIDE, J.A. Composição mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 1, 1976, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: EPAMIG, 1976. p.20-33.

GUILHERME, L.R.G.; VALE, F.R.; GUEDES, G.A.A. Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1995. 171 p.

HERRERA, R.S.; RAMOS, N.; HERNANDEZ, Y. Respuesta de la bermuda cruzada a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote. V. Rendimientos de matéria seca, hojas, proteína bruta e eficiencia de utilización del nitrógeno. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Havana, v. 20, n. 2, p. 180-189, 1986.

HILL, G.M.; GATES, R.N.; WEST, J.W. et al. Tifton 85 bermudagrass utilization in beef, dairy, and hay production. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1996. p.140-150.

MARTINEZ, R.O.; RUIZ, R.; HERRERA, R. Milk production of cows grazing Coastcross Nº 1 bermuda grass (Cynodon dactylon). I. Different concentrate supplementation levels. Cuban Journal of Agricultural Science, La Habana, v.14, n.2, p.225-232, 1980.

MISLEVY, P.; PATE, F.M. Establishment, management and utilization of Cynodon grasses in Florida. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, Juiz de Fora, 1996. Anais. Juiz de Fora : EMBRAPA,CNPGL, 1996. p.127-138.

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13., 1997, Piracicaba. Anais… Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 15-95.

PEDREIRA, C.G.S. Avaliação de novas gramíneas do gênero Cynodon para a pecuária do sudeste dos Estados Unidos. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1996. p.111-125.

PEREIRA, J.R. Plantas invasoras de pastagens. In: CURSO DE PECUÁRIA LEITEIRA. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL, 1990. 31p. (Embrapa-CNPGL. Documento, 14).

POSTIGLIONI, S.R., MESSIAS, D.C. Potencial forrageiro de quatro cultivares do gênero Cynodon na região dos Campos Gerais do Paraná. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998. p.439-441.

PREMAZZI, L.M. Crescimento do capim Tifton 85 submetido a doses e épocas de aplicação de nitrogênio após o corte. 2001. 93 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

RIBEIRO, K.G., PEREIRA, O.G., GARCIA, R. et al. Rendimento forrageiro e valor nutritivo capim-Tifton 85, em três frequências de corte, sob diferentes doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998a. p.542-544.

RODRIGUES, L.R. de A.; REIS, R.A.; SOARES FILHO, C.V.S. Estabelecimento de pastagens de Cynodon. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 15., 1998, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1998. p.115-128.

SILVA NETO, B.; BASSO, D. A produção de leite como estratégia de desenvolvimento para o Rio Grande do Sul. Disponível em: . Disponível em: 27 de dezembro de 2015.

STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I - Variations in bite syze of grazing cattle. Austr. J. Agric. Research, 24(6): 809- 819, 1976. Super N Visão geral. 06 Nov. 2015 <http://nitrolife.com.br/agrotain_plus/abertura.php?op=an_visao>

VILELA, D.; ALVIM, M.J.; CAMPOS, O.F.; REZENDE, J.C. Produção de leite de vacas holandesas em confinamento e em pastagem de coast-cross. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 25, n. 6, p. 1228-1244, nov./dez. 1996. IFCN Dairy Report 2012. Kiel, Germany: IFCN Research Center, 2012.

CARVALHO DE CASTRO C. RAC, Estudo da Cadeia Láctea do Rio Grande do Sul: uma Estudo da Cadeia Láctea do Rio Grande do Sul: uma Abordagem das Relações entre os Elos da Produção, Abordagem das Relações entre os Elos da Produção, Industrialização e Distribuição. v.2, n.1, Jan./Abr. 1998: 143-164

VILELA, H. Pastagem: seleção de plantas forrageiras, implantação e adubação – Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Estatísticas Econômmicas. 11 Nov. 2015 <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa.html?editoria=economicas>

RIO GRANDE DO SUL, Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. 08 Nov. 2015 <http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial>

1. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto contido neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AZEVÉM POTRO SUBMETIDO A DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO

Douglas Cibulski
Joice Zuanazzi Benetti
Silvio Antonio Osowski
César Valdir Ronsoni
Maike Patrik Mosna
Thiago Zago Bonafin
Junior Grzybowski
Mauricio Valentini Semense
Dilvan Samuel Do Nascimento
Tairine Ruffato
Amito José Teixeira

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

Emails: douglas_cibulski@hotmail.com, bi_benetti@hotmail.com, silvioosowski@gmail.com, cesarronsoni@hotmail.com, maikimosna81@gmail.com, thiago2bonafin@gmail.com, giboskyjunior@hotmail.com, mauricio.semense@hotmail.com, dilvansn@hotmail.com, vonepollo@hotmail.com, amito@uricer.edu.br

Resumo: *Para termos um bom desenvolvimento do azevém, faz-se necessário uma boa adubação, com a utilização do nitrogênio, que é um nutriente deficiente na maioria dos solos do Brasil. A produção de forragem aumenta com o uso de adubação nitrogenada, dentro de certos limites e, consequentemente, eleva a capacidade de suporte da pastagem e a produtividade animal. Atualmente estão no mercado diferentes variedades de azevém. Por isso a necessidade de estudos que possam avaliar a produção dessas populações. O azevém Potro (Lolium multiflorum) é um Azevém tetraploide anual, com ciclo longo de produção vegetativa, destaque para o ciclo longo, ideal para regiões de maior altitude (acima de 700m) com inverno mais rigoroso, oferecendo forragem por 7 meses em pastejo. O SuperN 33 é um novo conceito em Fertilizante Nitrogenado capaz de fornecer Nitrogênio no momento exato da necessidade da planta, independente das condições climáticas, de acordo com o planejamento de aplicação. Polyblen é um fertilizante de liberação lenta e controlada em que o nitrogênio, fosforo e potássio são encapsulados com enxofre e polímero orgânico. Portanto, objetivou-se neste trabalho avaliar a produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) do azevém Potro submetido a diferentes tipos de adubação nitrogenada. Os tratamentos avaliados, que foram aplicados em cobertura 45 dias após a semeadura, foram os seguintes: T1 – Testemunha; T2 - 100 kg ha^{-1} de ureia; T3 - 100 kg ha^{-1} de SuperN 33; T4 – T4 - 20 kg ha^{-1} de Polyblen®. Verificou-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos para a produção de MV e MS, sendo que o resultado da aplicação de 100 kg ha^{-1} de SuperN 33 foi significativamente superior aos demais tratamentos. Conclui-se que o nitrogênio é nutriente fundamental para obter-se maiores produções de MV e MS do azevém Potro e o SuperN 33 foi a melhor fonte de nitrogênio na produção de MV e MS do azevém Potro.*

Palavras-Chave: *adubação, gramínea, pastagem.*

1. INTRODUÇÃO

A família das gramíneas (Poaceae ou Gramineae) é uma das principais famílias na divisão Angiospermae e da classe Monocotiledoneae. Essa denominação vem do embrião com um só cotilédone por ocasião da germinação. Nessa família estão as gramas (capins), possuem folhas lineares, flores nuas, e as inflorescências são espigas, panículas e racemos. O fruto é uma cariopse (Fontaneli, Santos & Fontaneli, 2009). Uma característica importante das gramíneas é essa não síntese de N, fazendo-se assim necessária a correta adubação.

O azevém (*Lolium multiflorum L.*) é uma espécie de gramínea que tem sido utilizada no Rio Grande do Sul como cobertura de inverno no sistema de plantio direto ou como forrageira em áreas de integração de agricultura e pecuária. Para se atingir uma alta produção de pastagens os seguintes fatores devem ser considerados: solo, planta, ambiente e disponibilidade de nutrientes às plantas. No aspecto de disponibilidade de nutrientes às plantas, o Nitrogênio é um dos nutrientes absorvidos em grandes quantidades e essencial ao crescimento das plantas. A produção da forragem aumenta com o uso de adubação nitrogenada, dentro de certos limites e, conseqüentemente, aumenta a capacidade de suporte da pastagem (Alvim et al., 1989).

Azevém é espécie rústica e vigorosa, considerada naturalizada em muitas regiões sulbrasileiras, perfilha em abundância, produtiva, podendo superar as demais espécies de inverno quando bem fertilizada. Apresenta elevado valor nutritivo sendo uma das gramíneas mais cultivadas no Rio Grande do Sul, juntamente com a aveia preta. É utilizada para compor pastagens anuais podendo ser consorciada com dezenas de espécies, oportunizando pastejo ou corte mecânico do inverno à primavera. Atualmente vem sendo destinada a elaboração de silagem pré-secada e feno. O azevém anual apresenta desenvolvimento inicial lento, entretanto, até o fim da primavera, supera as demais forrageiras em quantidade de forragem (Fontaneli, Santos & Fontaneli, 2009).

Para termos um bom desenvolvimento do azevém, faz-se necessário uma boa adubação, com a utilização do nitrogênio e do fósforo, que são os nutrientes mais deficientes na maioria dos solos do Brasil. A produção de forragem aumenta com o uso de adubação nitrogenada, dentro de certos limites e, consequentemente, eleva a capacidade de suporte da pastagem e a produtividade animal (Canto et al., 2009). Vitti et al. (2002) observaram que a fonte de nitrogênio a ser utilizada é de suma importância, uma vez que as respostas das culturas às fontes de nitrogênio podem ser atribuídas a outros fatores à adição do enxofre e às alterações no pH do solo. No Brasil, a ureia corresponde a 60% dos fertilizantes nitrogenados comercializados (Cantarella, 2006). Essa preferência do agricultor está diretamente ligada ao preço quando comparado com fontes de menor concentração de nitrogênio, quanto a sua disponibilidade no mercado, aí se justifica também a resistência do produtor utilizar adubação nitrogenada em pastagens. Alves (2002) verificou boas respostas com aplicações entre 150 e 225kg/ha de N, evidenciando que a dose ótima depende do tipo de solo (Carvalho et al., 2002). Lupatini et al. (1998) afirmam que a recomendação de adubação no Rio Grande do Sul preconizava de 100-130kg/ha de N para gramíneas de estação fria. Justifica-se que como as pastagens têm tido uma boa resposta a adubação nitrogenada, vêm se aumentando a dose e o uso pelos produtores ao decorrer do tempo. Nesse sentido, as pastagens de estação fria de aveia e azevém quando adubadas e manejadas de forma correta, mostram alta capacidade produtiva (Difante et al., 2006).

Oliveira et al. (2012) aponta que a utilização de adubos nitrogenados minerais em pastagens está associada ao incremento na produtividade animal (kg leite/carne/ha/ano) por possuir duplo efeito. A maior disponibilidade de nitrogênio para as plantas eleva a taxa fotossintética das folhas, aumenta a produção de matéria seca e vigor de rebrota, e consequentemente implicam em maior capacidade de suporte da pastagem. O segundo efeito está relacionado a melhoria do valor nutritivo (proteína bruta e maior proporção de folhas) das forrageiras, aumento da taxa de passagem da forragem pelo animal e maior consumo (Gomide, 1989). Lupatini et al. (2012), destaca que a adubação nitrogenada em pastagens de aveia e azevém deve ser aplicada, priorizando o planejamento das atividades da propriedade e da dieta dos animais, sendo de suma importância integrar a utilização de taxa de lotação variável com a oferta de forragem, para que possa ocorrer o incremento da produtividade animal. Pesquisas feitas apontam que a taxa de lotação e ganho de peso vivo por hectare de bezerros de corte aumentam em pastagens de aveia e azevém com doses de nitrogênio de 0 a 300kg N ha^{-1} (Restle et al., 2014).

Atualmente estão no mercado diferentes variedades de azevém. Por isso a necessidade de estudos que possam avaliar a produção dessas populações. O melhoramento genético do azevém no Brasil tem como finalidade o desenvolvimento de cultivares mais produtivos, de ciclo mais precoce e que sejam adaptados a diferentes condições climáticas, para cada localidade do estado (Flores et al, 2008).

O azevém Potro (Lolium multiflorum) é um Azevém tetraploide anual, com ciclo longo de produção vegetativa, destaque para o ciclo longo, ideal para regiões de maior altitude (acima de 700m) com inverno mais rigoroso, oferecendo forragem por 7 meses em pastejo (Copérdia, 2017).

Potro é um azevém tetraploide anual, com ciclo longo de produção vegetativa, destaque para o ciclo longo, ideal para regiões de maior altitude (acima de 700 m) com inverno mais rigoroso, oferecendo forragem por 7 meses em pastejo. Pode ser cultivo convencional ou plantio direto, importante que o solo não estar com excesso de compactação (Mioto, 2015).

O SuperN 33 é um novo conceito em Fertilizante Nitrogenado capaz de fornecer Nitrogênio no momento exato da necessidade da planta, independente das condições climáticas, de acordo com o planejamento de aplicação. Utilizando-se o Super N as perdas por volatilização do N da ureia é significativamente reduzido, graças a Tecnologia Agrotain - Inibidor da Urease. O SuperN é ideal para ser aplicado como fertilizante nitrogenado de cobertura, à lanço sobre a superfície do solo, mesmo em condições que seriam adversas para a aplicação de outros fertilizantes nitrogenados como a Uréia, ou seja, solo sem umidade (Fuliagro, 2017).

Polyblen é um fertilizante de liberação lenta e controlada em que o nitrogênio, fosforo e potássio são encapsulados com enxofre e polímero orgânico. A velocidade da liberação do nutriente é definida conforme a demanda de cada cultura. Com essa inovação, o produtor maximiza a eficiência do uso dos nutrientes, reduzindo drasticamente as perdas de N por volatilização, lixiviação e desnitrificação e perdas de K por lixiviação.

Vitti et al. (2002) observaram que a fonte de nitrogênio a ser utilizada é de suma importância, uma vez que as respostas das culturas às fontes de nitrogênio podem ser atribuídas a diferentes fatores.

Portanto, objetivou-se neste trabalho avaliar a produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) do azevém Potro submetido a diferentes tipos de adubação nitrogenada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O solo da área do experimento é classificada como Latossolo Vermelho aluminoférrico húmico que vem sendo cultivado desde 2003 com culturas anuais de grãos sob sistema plantio direto. A área localiza-se no Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim-RS. Coordenadas geográficas referentes ao local do experimento 27º36’37,60” S e 52º13’34,51” O.

O experimento foi conduzido em condições de campo e a área do experimento recebeu 250 kg ha^{-1} de adubação química de base da fórmula 5 20 20. A semeadura foi manual, utilizando-se 30 kg ha^{-1} de sementes de azevém Potro, tendo sido realizada no dia 03 de maio e 2017. Com a área do experimento estabelecida, quando as plantas de azevém estavam com altura de aproximadamente 30 cm, fez-se um corte (em todas as parcelas dos tratamentos), com tesoura manual, sendo que após cada corte aplicou-se, os tratamentos.

Os tratamentos avaliados, que foram aplicados em cobertura 45 dias após a semeadura, foram os seguintes: T1 – Testemunha; T2 - 100 kg ha^{-1} de ureia; T3 - 100 kg ha^{-1} de Super N 33; T4 – T4 - 20 kg ha^{-1} de Polyblen®.

O tratamento com 20 kg ha^{-1} de fertilizante de liberação lenta e controlada (Polyblen®) foi aplicado no momento da semeadura da pastagem.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram de 4 m^2 (2x 2 m). As variáveis avaliadas foram produção de biomassa verde e biomassa seca no segundo corte, que foi realizado 30 dias após a aplicação dos tratamentos. O material analisado foi obtido pelo corte manual de três amostragens aleatórias por parcela, com área útil de 1 m^2, quando as plantas estavam com aproximadamente 30 cm de estatura. As plantas foram submetidas à secagem em estufa a 55 °C por 48 horas e 105 °C por duas horas, para determinação da matéria seca. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro com a utilização do pacote estatístico Assistat (2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções estabelecidas para as variáveis matéria verde (MV) e matéria seca (MS) foram obtidas através da coleta do material de 1 m^2 do centro de cada parcela. Assim, verificou-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos para a produção de MV e MS, sendo que o resultado da aplicação de 100 kg ha^{-1} de Super N 33 foi significativamente superior aos tratamentos com aplicação de 100 kg ha^{-1} de ureia, Polyblen® e o tratamento testemunha (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados do teste de análise múltipla de médias para a Matéria Verde (MV) do azevém Potro através do teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tratamentos	**Matéria Verde (MV) em Kg.ha^{-1}**	**Matéria Seca (MS) em Kg.ha^{-1}**
Testemunha	5045,45 d	1261,25 d
100 kg ha^{-1} de ureia	8590,67 b	2061,60 b
100 kg ha^{-1} de Super N 33	9134,48 a	2493,24 a
20 kg ha^{-1} de Polyblen®	6987,86 c	1646,76 c
CV (%)	**3,79**	**4,65**

As médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

A aplicação de ureia rendeu maior produção de MV e MS do que o tratamento testemunha. Alguns produtores já vêm utilizando as cultivares tetraplóides, que apresentam algumas características diferentes do azevém diplóide, como rápida produção inicial, alta produção de massa total, maior palatabilidade, folhas mais largas, além de apresentarem um ciclo vegetativo mais longo em comparação as cultivares diplóides (Farinatti et al., 2006).

Santos et al. (2009) verificaram que o nitrogênio é capaz de proporcionar aumentos nos rendimentos da massa de forragem produzida. Alvim et al. (1989) usando 50, 125 e 200 kg/ha de N, sobre azevém irrigado sob pastejo, obtiveram resposta positiva na percentagem produção de forragem até a maior dose de N utilizada, indicando que maiores níveis de N deveriam ser usados.

4. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento, os resultados obtidos permitem concluir que o nitrogênio é nutriente fundamental para obter-se maiores produções de MV e MS do azevém Potro. O SuperN 33 foi a melhor fonte de nitrogênio na produção de MV e MS do azevém Potro.

5. REFERÊNCIAS

Alves, S.J. Dinâmica de crescimento da aveia-preta (Avena strigosa L.) sob diferentes níveis de nitrogênio e ajuste de modelo matemático de rendimento potencial baseado em parâmetros climáticos. Curitiba, 2002, 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2002.

Alvim, M.J.; Takao, L.C.; Yamaguchi, L.C.T.; Verneque, R.Da S.; Botrel, M.A.; Carvalho, J. de C. Efeito da aplicação de nitrogênio em pastagens de azevém sobre a produção de leite. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v.18, n.1, p.21-31, 1989.

Assistat Versão 7.6 beta (2011). Disponível em <http://www.assistat.com> Por Francisco de A. S. e Silva DEAG-CTRN-UFCG. Download em 05 de julho de 2017.

Cantarella, H. Nitrogênio**.** In NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo p.375-470, 2006.

Canto, M.W.; Bona Filho, A.; Moraes, A.; Hoeschl, A.R.; Gasparino, A. Animal production in Tanzania grass swards fertilized with nitrogen. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, n. 7, p. 1176-1182, 2009.

Difante, G.S.;Marchezan, E.; Villa, S.C.C.; Rocha, M.G.; Santos, F.M.; Camargo, E.R. Produção de novilhos de corte com suplementação em pastagem de azevém submetida a doses de nitrogênio. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, n. 3, p. 1107- 1113, 2006 (supl.).

Fontaneli, R. S.; Santos, Henrique P. Dos; Fontaneli, R. Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira. Disponível em: Acesso em 30 ago. 2017.

Mioto, D. F. Produção de forragem e qualidade nutricional de cultivares diploides e tetraploides de azevém anual. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Departamento Acadêmico De Ciências Agrárias Curso De Agronomia, 2015.

Oliveira, V.S.De; Barreto, M. C.;Viégas, P.R. A.; Carvalho, C. M. De. Efeitos de doses de nitrogênio e de intervalos entre cortes sobre a produção de matéria seca e teor de proteína bruta do capim Tanzânia (Panicum maximum) na região do vale do Cotinguiba. Disponível em: Acesso em: 03 ago .2017.

Vitti, G.C.; Tavares, J.E.; Luz, P.H.C.; Favarin, J.L.; Costa, M.C.G. Influência da mistura de sulfato de amônio com uréia sobre a volatilização de nitrogênio amoniacal. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, p.663-671, 2002.

6. RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

Avaliação da Matéria Verde e Matéria Seca da Aveia Ucraniana com Diferentes Adubações

Gabriela Roman Bianchi
URI – Campus Erechim
gabibianchi2010hotmail.com
Angélica Roman Bianchi
IFRS – Campus Sertão
angelicabianchi@hotmail.com
Amito José Teixeira
URI – Campus Erechim
amito@uricer.edu.com

Resumo. *Os objetivos deste trabalho foram o de avaliar a diferença de matéria verde e matéria seca na aveia ucraniana com diferentes adubações orgânicas e químicas. O estudo foi conduzido em uma propriedade rural no interior do município de Barão de Cotegipe/RS. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições, com parcelas 2x2 metros, constituindo 20 unidades experimentais. A aveia ucraniana foi semeada na densidade de 80 kg ha^{-1}. Foi aplicado adubação química (5-20-20) na dose de 200 kg ha^{-1} em uma das parcelas. Em outra parcela foi aplicado esterco orgânico de aviário na dose de 5t ha^{-1}. Em outra aplicou-se adubo orgânico de suíno na dose de 30m³ ha^{-1}. Em outra parcela foi aplicado adubo orgânico de bovino na dose de 5t ha^{-1}. A testemunha foi mantida sem adubação. Decorridos 49 dias do plantio, foi procedido o corte da mesma. O material foi encaminhado para o Laboratório de Botânica do Campus II da Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões URI - Campus Erechim. Foi estimado o índice de matéria verde a aveia foi pesada e os valores anotados, já para aferição dos índices de matéria seca o material foi secado em estufa, após pesado novamente. Constatou-se que os índices de matéria verde foi maior na aplicação do adubo químico 5-20-20, na matéria seca verificou-se o mesmo.*

Palavras-Chave: *Adubação Orgânica; Adubação Química*

1. INTRODUÇÃO

A aveia pode ser cultivada em quase todos os tipos de solo, com preferência àqueles com altos teores de matéria orgânica, permeáveis e bem drenados, adapta-se a regiões tropicais, temperadas e frias, podendo-se obter dois ou mais cortes por ano, dependendo da disponibilidade de água no solo (Frizzone, *et al.*, 1995).

É uma das principais forrageiras utilizadas na formação de pastagens de inverno, cultivada de forma isolada ou consorciada com outras forrageiras de clima temperado, devido a sua alta produção de matéria seca e qualidade da forragem, resistência ao pisoteio e baixo custo de produção (Grolli, *et al.*, 2012).

O recobrimento do solo com resíduos de cultura é um dos aspectos importantes do plantio direto, pois provoca modificações do microclima para as plantas cultivadas. Com cobertura morta pode-se diminuir a frequência de irrigações no cultivo da aveia, o que reduziria os custos de produção, pois a cobertura morta tem influência no regime hidrotérmico do solo, conserva a umidade, reduz a evaporação, aumenta a infiltração de água no solo, e controla as ervas daninhas (Primavesi, *et al.*, 2004).

Os estercos animais vêm sendo empregados como fertilizantes a mais de dois mil anos. Os adubos orgânicos, além do fornecimento de nutrientes, destacam-se por um papel fundamental e mais importante, fornecimento de matéria orgânica para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Nesse caso, o efeito é o condicionador de solo, considerando a matéria orgânica como um produto químico que melhora as propriedades físicas do solo (Souza, *et al.*, 2006).

O dejeto líquido de suíno (DLS) é constituído de fezes, urina, restos de ração e água de lavagem das instalações. Contém vários nutrientes necessários para o desenvolvimento normal de plantas como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn) e boro (B), o que o qualifica para uso agrícola, possibilitando ao produtor rural grandes vantagens, como, por exemplo, reduzir a aplicação de fertilizantes minerais, os custos de produção, e os riscos de poluição ambiental (Miyazawa & Barbosa, 2015).

O uso contínuo de esterco bovino em uma mesma área tende a aumentar a fertilidade do solo, especialmente dos níveis de fósforo e nitrogênio. O nitrogênio presente nos estercos supre parte ou toda a demanda das culturas, na produção de grãos em áreas frequentemente adubadas com esterco, pode haver redução expressiva da necessidade de aplicação de adubos minerais, pois parte dos nutrientes retorna ao solo pelos resíduos culturais (Pauletti, *et. al.*, 2008).

A cama de aviário é uma boa fonte de nutrientes e quando manejada adequadamente, pode suprir parcial ou totalmente o fertilizante químico. Além do benefício como fonte de nutrientes, o seu uso adiciona matéria orgânica que melhora os atributos físicos do solo, aumenta a capacidade de retenção de água, reduz a erosão, melhora a aeração e cria um ambiente mais adequado para o desenvolvimento da flora microbiana do solo (Silva, *et al*., 2011).

Segundo Meinerz (2009) a utilização de estercos e outros compostos orgânicos apresentam-se como alternativa promissora capaz de reduzir as quantidades de fertilizantes químicos a serem aplicados nas culturas agrícolas. O nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes na produção de matéria seca das gramíneas forrageiras e mais extraídos do solo, por ser componente crucial de compostos orgânicos essenciais à vida das plantas, o dejeto líquido suíno é uma excelente fonte de nutrientes, principalmente de nitrogênio, fósforo e potássio e, quando manejado corretamente podem suprir parcial ou totalmente os fertilizantes químicos. Neste sentido o presente trabalho teve por objetivo, verificar a diferença no índice de matéria verde e seca na aveia ucraniana adubada com diferentes adubações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com 4 repetições, sendo as parcelas de 2 metros de comprimento por 2 metros de largura, constituindo 20 unidades experimentais.

Após o estabelecimento das parcelas foram realizadas as aplicações das adubações e posteriormente a semeadura de aveia ucraniana na densidade de 80 kg/ha no dia 27 de março de 2017. Assim os tratamentos avaliados foram:

- T1: Aveia ucraniana sem qualquer adubação (testemunha);
- T2: Aveia ucraniana com adubação química da fórmula 5-20-20 na quantidade de 200kg/ha;
- T3: Aveia ucraniana com adubação orgânica de cama de aviário na quantidade de 5t/ha;
- T4: Aveia ucraniana com adubação orgânica de esterco líquido suíno na quantidade de 30m³/ha;
- T5: Aveia ucraniana com adubação orgânica de esterco seco bovino na quantidade de 5t/ha.

O corte para medição da matéria seca foi realizado 49 dias após a semeadura, quando as plantas atingiram cerca de 50 cm de altura, conforme mostra a Figura 4, o corte foi realizado com tesoura manual, na região central de cada parcela, e para tal usou-se um gabarito de 1 m² para delimitar a área, procurando simular o pastejo, um resíduo de 5 cm foi deixado.

Após o corte da aveia ucraniana, o material foi colocado em embalagens plásticas, para ser encaminhado para laboratório de Botânica do campus II da Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões URI - Campus Erechim.

Para obtenção de matéria verde, o material foi pesado em balança de precisão e os valores anotados, já para obtenção dos índices de matéria seca. O material pesado foi então secado em estufa a 60 ºC por 20 horas e posteriormente a 205ºC por mais 2 horas e pesados novamente. Os valores foram anotados. Todos os valores de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) obtidos em 1m² foram extrapolados para 1 hectare. Procedeu-se a análise de variância, com a aplicação do teste de médias Tukey a 5% para diferenciação entre os tratamentos dos atributos avaliados. Para efetuar a análise estatística foi utilizado o programa de estatística BIOESTAT versão 5.3.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se inferir que ocorreu diferença significativa entre os parâmetro analisados. Observou-se diferença significativa entre os tratamentos com adubação química 5-20-20 em relação a adubação orgânica de bovino, suíno e a testemunha. Já com a adubação orgânica de cama de aviário houve uma menor diferença, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Produção de matéria Verde (kg/ha) de um corte da aveia ucraniana

Adubação	Matéria Verde (kg/ha)
(T1) Testemunha	23.987,5 c
(T2) 5-20-20	36.125,0 a
(T3) Cama de Aviário	34.350,0 a
(T4) Esterco Líquido Suíno	29.750,0 b
(T5) Esterco Seco Bovino	27.250,0 bc

CV%= 4.96

Observando os resultados da tabela, foi possível inferir que a adubação química de formula 5-20-20 resultou num índice de matéria verde maior do o índice de matéria verde submetida as demais adubações aplicadas. Além do que a parcela que não recebeu nenhum tratamento de adubação, ou seja a testemunha evidencia e confirma a necessidade de uma adubação tanto química quanto orgânica para maiores resultados e assim lucratividade, já que seus índices foram bem menores que os tratamentos com as adubações químicas e orgânicas. Já na Tabela 2 pode-se observar os valores de matéria seca para as diferentes adubações utilizadas.

Tabela 2: Produção de matéria Seca (Kg ha^{-1}) de um corte da aveia ucraniana

Adubação	Matéria seca (Kg ha^{-1})
(T1) Testemunha	3.571,24 a
(T2) 5-20-20	3.865,16 a
(T3) Cama de Aviário	3.775,13 a
(T4) Esterco Líquido Suíno	3.164,47 a
(T5) Esterco Seco Bovino	3.316,04 a

CV% = 11.18

Assim como nos índices de matéria verde, observou-se diferença entre todos os tratamentos na matéria seca. Observando os resultados, foi possível verificar que a adubação química de formula 5-20-20 resultou num índice de matéria seca maior do que o índice de matéria seca submetida as demais adubações aplicadas. Além do que a parcela testemunha evidencia e confirma a necessidade de uma adubação.

Ceretta *et. al*., (2005) estudaram doses de dejeto suíno (0, 20, 40, 80m³/ha) e constataram que a maior produção de matéria seca da aveia preta ocorreu com doses muito altas de dejeto líquido suíno, em torno de 85m³ ha^{-1}, superando as doses utilizadas neste experimento que foram de 30m³ ha^{-1}, justificando assim que a adubação de desejo líquido suíno neste experimento foi menor que a adubação química 5-20-20, e adubação orgânica de esterco de cama de aviário.

Lima *et. al.,* (2007) utilizou 20 t/ha de cama de aviário na adubação para a produção de matéria seca de forragem de *Brachiaria brizantha cv* Marandu, e constatou que houve grande diferença em relação a testemunha sem adubação, com um incremento de 131,2% na produção de matéria seca. O que demonstra que a adubação orgânica de cama de

aviário tem grande importância na adubação para a produção de forrageiras, sendo que neste experimento com aveia ucraniana foi utilizado 5 t/ha, e obteve-se um ótimo resultado, tanto de matéria seca quanto em relação a matéria verde.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que foi realizado o experimento, os resultados obtidos permitem concluir que:

- Adubação química de formula 5-20-20 apresentou para cultura de aveia ucraniana melhor rendimento de matéria verde e matéria seca.

- Adubação orgânica de cama de aviário pode ser considerada uma importante fonte de nutrientes para a cultivar estudada.

- Cada cultura necessita de estudos para verificação das necessidades nutricionais, que proporcionaram maiores resultados e assim rentabilidade ao produtor.

- A testemunha provou que a adubação tanto orgânica quanto química aumenta os índices de matéria verde e seca da aveia ucraniana. Assim esse tipo de adubação é essencial para aumentar a produtividade da aveia ucraniana.

5. REFERÊNCIAS

Cerreta, C. A., *et. al. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de desejo líquido de suínos*. Ciência Rural, v. 35, n. 6, p. 1287-1295, 2005.

Frizzone, J. A., *et. al. Lâminas de água e doses de nitrogênio na produção de aveia (Avena sativa L.) para forragem*. Sel. Agri., Piracicaba, v. 52, n. 3, p. 578-586, 1995.

Grolli, F. L., *et. al. Matéria seca de aveia em cortes sucessivos*. Acta Iguazu, Cascavel, v. 1, n. 2, p. 75-79, 2012.

Lima, J. J.; *et. al. Influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico e na produção de matéria seca de Brachiaria brizantha cv. Marandu*. Acta Sci. Agron., Maringá, v. 29, n. supl., p. 715-719, 2007.

Meinerz, C. C., *et. al. Substituição da adubação nitrogenada por dejeto suíno na cultura da aveia*. Rev. Bras. de Agroecologia, v. 4, n. 2, 2009.

Miyazawa, M., *et. al. Dejeto líquido de suíno como fertilizante orgânico: método simplificado*. IAPAR, p. 26, 2015.

Pauletti, V., *et. al. Produtividade de culturas sob diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e de adubo mineral*. Scientia Agraria, v. 9, n. 2, p. 199-205, 2008.

Primavesi, A. C., *et. al. Resposta da aveia branca à adubação em latossolo vermelho-amarelo em dois sistemas de plantio*. R. Bras. Zootec., v. 33, n. 1, p. 79-86, 2004.

Silva, T., *et. al. Cultivo do milho e disponibilidade de fosfóro sob adubação com cama de frango*. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient., Campina Grande, v. 15, n. 9, set. 2011.

Souza, C. M., e*t. al. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações*. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.

6. RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ENRAIZAMENTO DE ESTACAS APICAIS DE ALECRIM COM USO DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO

Geovana Facco Barbieri
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: geovanafacco@hotmail.com

Kamila Gabriele Santos
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail:kamila_gab@hotmail.com

Janine Farias Menegaes
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: janine_rs@hotmail.com

Ubirajara Russi Nunes
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: russinunes@yahoo.com.br

Resumo. *O alecrim é considerado uma espécie medicinal e aromática, utilizada na fitoterapia e extração de óleo essencial. O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de estacas apicais de alecrim. O experimento foi realizado em ambiente protegido, com estacas apicais de 10 cm de comprimento, imersas em AIB e colocadas para enraizar em bandejas com substrato comercial. Os tratamentos foram quatro concentrações de AIB: testemunha, 1.000, 2.000 e 3.000 mg.L^{-1}, em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições, sendo que cada unidade experimental foi composta por 16 estacas. Aos 36 dias após o enraizamento (DAE), foi realizada a contagem do número de estacas sobreviventes e, aos 39 DAE, foram determinadas as variáveis de crescimento: comprimento do sistema radicular, porcentagem de estacas enraizada e massa seca. Os valores médios de porcentagem de estacas enraizadas foram de 38%, 41%, 73% e 88% para os tratamentos zero, 1.000, 2.000 e 3.000 mg.L^{-1}, respectivamente. O uso do ácido indolbutírico foi eficiente no enraizamento das estacas de alecrim. As concentrações de 2.000 e 3.000 mg.L^{-1} proporcionaram maior porcentagem de enraizamento e maior comprimento de raízes se comparadas as demais concentrações, podendo, dessa forma, ser empregadas na produção de mudas dessa espécie.*

Palavras-chave: *Rosmarinus officinalis L., fitorregulador, espécie condimentar*

1. INTRODUÇÃO

O alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*) é uma espécie originária da Europa, pertencente à família Lamiaceae, caracterizando-se como um subarbusto lenhoso, ereto, perene, com folhas lineares, coriáceas, opostas e lanceoladas, muito aromáticas e de sabor picante (Lorenzi e Matos, 2006; Mayet, *et al*., 2010). O uso dessa planta para fins terapêuticos é muito amplo, decorrente da alta quantidade de princípios ativos na sua constituição, sendo considerada uma planta medicinal, devido suas propriedades estimulantes, antioxidantes, antifúngicas e antibacterianas. Como principal produto resultante do alecrim, se insere o óleo essencial, o qual é empregado nas indústrias alimentícias e de bebidas como aromatizante, e na área de cosméticos é apontado como matéria-prima, devido a sua ação antisséptica e cicatrizante (Ferrari, *et al*., 2011).

O modo de propagação do alecrim pode ser tanto por meio de sementes como por estacas. Contudo, a propagação vegetativa apresenta inúmeras vantagens se comparada com a propagação sexual, uma vez que caracteriza-se por ser uma técnica simples, rápida e barata, o que permite a obtenção de um número expressivo de mudas em um período de tempo relativamente curto, sendo estas mudas mais uniformes, mantendo as características genéticas da planta matriz (Costal, *et al*., 2007).

Dentre as formas de propagação vegetativa, a propagação via estacas é a mais utilizada para o alecrim. Esta técnica faz uso de reguladores de crescimento, como auxinas, objetivando proporcionar o desenvolvimento de raízes em estacas de plantas com difícil enraizamento e aumentar a uniformidade destas, uma vez que, as auxinas têm a capacidade de

atuar na expansão e alongamento celular (Krikoran, 1991). Outro benefício do uso de auxinas exógenas é a redução do tempo de permanência da estaca no leito de enraizamento e de formação das mudas. Vale ressaltar o fato de que mudas com sistema radicular bem estruturado terão maiores chances de sobrevivência quando transplantadas para vaso ou para o campo (Ferriani, *et al*., 2006).

O ácido indolbutírico (AIB) é a principal auxina exógena utilizada como regulador de crescimento, pelo fato de ser considerado um dos melhores estimulantes ao enraizamento, por ser foto estável e imune à ação biológica (Fischer, *et al*., 2008). As concentrações utilizadas desse regulador variam de acordo com a espécie a ser propagada, a época da propagação e tipo de estaca, havendo uma faixa de concentração considerada ótima para estimular o processo de enraizamento (Pizzatto, *et al*., 2011).

O enraizamento das estacas do alecrim é viável durante todo o ano, desde que as estacas enraizadas sejam retiradas dos ponteiros da planta matriz, com aproximadamente 10 cm de comprimento, sendo mantidas em câmaras de nebulização para que não ocorra a desidratação e assim evitando prejuízos ao seu enraizamento. Contudo, as melhores épocas para realização da propagação por estaquia são a primavera e o verão, sendo que, para o enraizamento de estacas, é considerada como ótima a temperatura até 25º C (Ferrari, *et al*., 2011).

Deste modo, o objetivo do trabalho foi determinar o efeito de diferentes doses de ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de estacas apicais de alecrim visando à produção de mudas dessa espécie.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de abril a junho de 2013, na estufa do Setor de Olericultura do Departamento de Fitotecnia no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS (29°43'S; 53°43'W e altitude de 95m). As estacas das ponteiras foram coletadas do jardim clonal próprio do setor, com 10 cm de comprimento e 2 mm de diâmetro, e preparadas com corte em bisel (transversal) abaixo da gema inferior e acima da gema superior, mantendo 50% da área foliar. Imediatamente após o preparo, as estacas foram imersas em solução de ácido indolbutírico (AIB) durante o período de dez segundos e, na sequência, alocadas para enraizamento em bandejas de poliestireno expandido (isopor) de 128 células, contendo substrato orgânico comercial (H. Decker®). Os tratamentos foram compostos por quatro concentrações de AIB nas doses de zero (testemunha), 1.000, 2.000 e 3.000 $mg.L^{-1}$. Com seis repetições por tratamento, cada unidade experimental foi composta por 16 estacas. As bandejas foram colocadas em câmera úmida dentro da estufa com duas irrigações diárias por aspersão, controladas por um programador horário.

A determinação da porcentagem de enraizamento das estacas foi realizada aos 36 dias após o tratamento (DAT). Após o enraizamento completo (42 DAT), determinou-se a massa fresca de folhas, haste e raiz, juntamente com o comprimento das raízes. As estacas foram dispostas em estufa com circulação de ar forçada, com temperatura média de 65° C para obtenção de massa seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011), sendo as médias do fator concentração de AIB submetidas à análise de regressão, a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A porcentagem de enraizamento apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Os valores médios de porcentagem de estacas enraizadas, foram de 38%, 41%, 73% e 88% para os tratamentos zero, 1.000, 2.000 e 3.000 $mg.L^{-1}$, respectivamente (Figura 1).Verificou-se, então, que os tratamentos com concentrações de 2.000 e 3.000 $mg.L^{-1}$ apresentaram bons índices de enraizamento, acima de 70%. Estes resultados se assemelham aos dados encontrados por Toffoli, *et al*. (2009) em que as concentrações de 2.000 e 3.000 $mg.L^{-1}$ de AIB atingiram valor médio de enraizamento superior a 70%, para o alecrim.

O tratamento testemunha (sem adição de AIB) não apresentou raízes aos 36 DAE e, o tratamento com 1.000 $mg.L^{-1}$ de AIB apresentou raízes muito pequenas, em média de um centímetro de comprimento. Já os tratamentos com 2.000 e 3.000 $mg.L^{-1}$ de AIB apresentaram 4,56 e 4,9 cm de comprimento, respectivamente (Figura 1). Segundo Hartmann, *et al*.(2011), se as concentrações de auxina utilizadas na promoção do enraizamento estiverem abaixo do nível ideal para a espécie em questão, não haverá o desenvolvimento do sistema radicular de forma adequada. Esta teoria corrobora com os presentes resultados para o comprimento das raízes de alecrim, onde observa-se que a concentração de 1.000 $mg.L^{-1}$ de AIB não é suficiente quando se busca estimular o desenvolvimento em comprimento das raízes.

Resultados diferentes foram encontrados por Toffoli, *et al*. (2009), onde verificou que o comprimento das raízes das estacas de alecrim avaliadas com AIB não apresentaram diferença significativa do tratamento testemunha, aos 45 após o enraizamento. Hernández, *et al*. (2001), também relata que não houve resultado satisfatório utilizando diferentes concentrações de AIB. Essa diferença de resultados pode ser atribuída às condições do local do enraizamento, em relação à temperatura e intensidade luminosa, ao tipo de substrato utilizado e à presença ou não de folhas nas estacas.

Os valores encontrados para massa seca da parte aérea, folhas e haste, não apresentaram diferenças significativas nos diferentes tratamentos. Os dados de massa seca de raiz apresentaram diferença significativa nos tratamentos com 2.000 e 3.000 $mg.L^{-1}$ de AIB, em relação aos tratamentos com 0 $mg.L^{-1}$ e 1.000 $mg.L^{-1}$, os quais não diferiram entre si.

Corroborando com os presentes resultados, Bona, *et al*. (2010) ao realizar experimentos com *Lavandula dentata* (espécie da família Lamiaceae), verificou que a massa seca das raízes aumentou com adição de doses crescentes de AIB.

A presença de folhas nas estacas pode ter contribuído para o enraizamento das estacas de alecrim, visto que foram deixados dois nós com duas folhas cada. Muitas espécies vegetais não requerem folhas inteiras ou parciais nas estacas, no entanto, algumas espécies são dependentes do estímulo vindo destas estruturas para que o processo de enraizamento ocorra (Morales, 1990). O estímulo ao enraizamento também pode ser atribuído à interação de substâncias, como auxinas, existentes nos tecidos da estaca, com as produzidas e translocadas das folhas e gemas (Fachinello, *et al*., 1994).

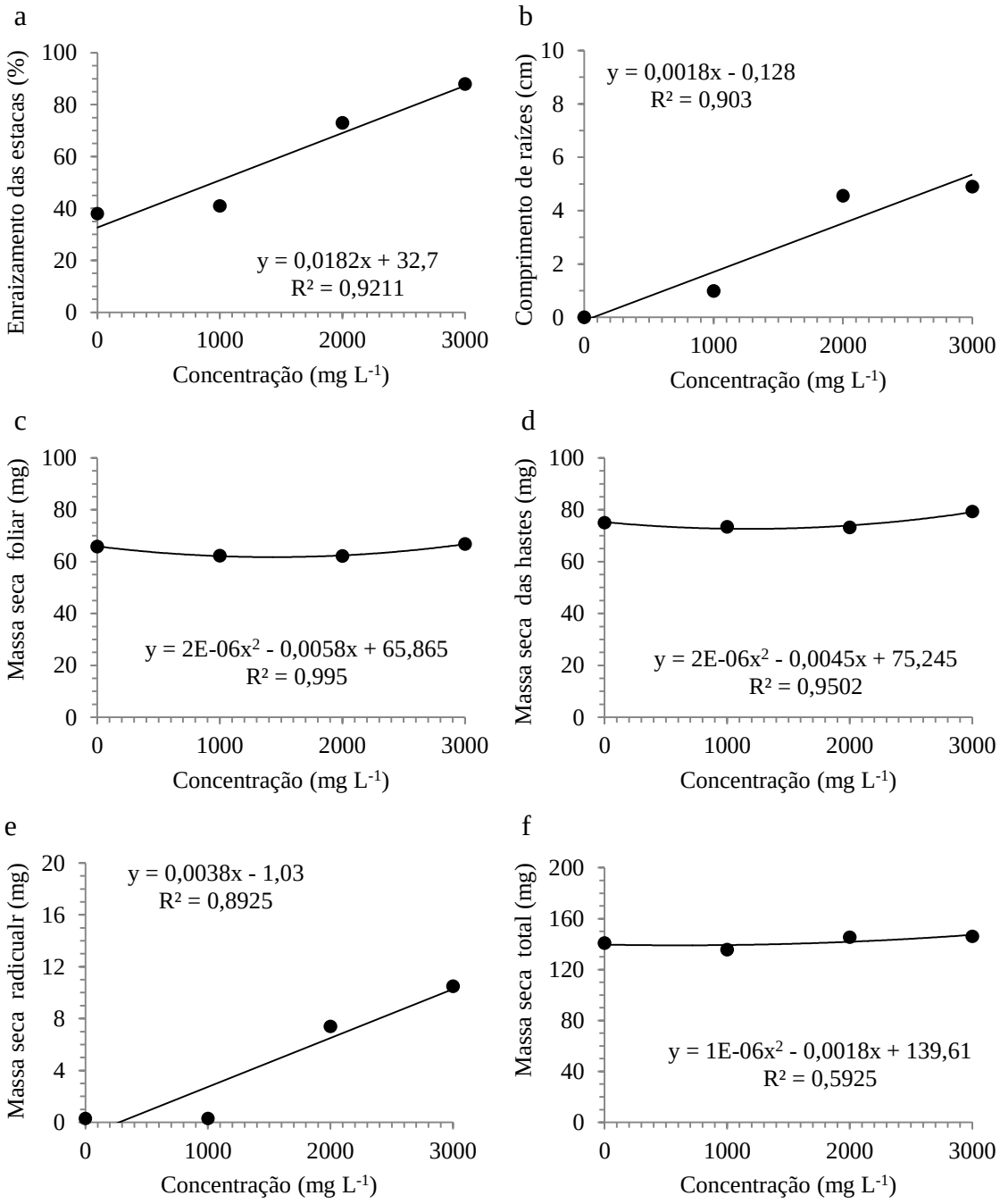


Figura 1. Enraizamento das estacas (a), comprimento de raízes (b), massa seca foliar (c), massa seca das hastes (d), massa seca radicular (e) e massa seca total (f) das estacas de alecrim em diferentes concentrações de ácido indolbutírico.

4. CONCLUSÃO

O uso do ácido indolbutírico foi eficiente no enraizamento das estacas de alecrim. As concentrações de 2000 e 3000 $mg.L^{-1}$ apresentaram maior porcentagem de enraizamento em relação as demais e maior comprimento de raízes, podendo assim, ser empregadas na produção de mudas dessa espécie.

5. REFERÊNCIAS

Bona, C.M., Biasi, L.A., Lipski, B., Masetto, M.A.M. e Deschamps, C., 2010. "Enraizamento adventício de estacas de *Lavandula dentata* tartadas com auxinas". *Revista Ciência Rural*,Santa Maria, Vol. 40, p. 1210- 1213.

Costal, L.C.B., Pintoll, J.E.B.P. e Bertoluccill, S.K.V., 2007. "Comprimento da estaca e tipo de substrato na propagação vegetativa de atroveran". *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, Vol. 37, p.1157-1160.

Fachinello, J.C., Hoffmann, A., Nachtigal, J.C. e Kersten, E., 1994. *Propagação de plantas frutíferas de clima temperado*. Pelotas, 2 ª edição.

Ferrari, G.N., Suguino, E., Martins, A.N., Mello, S.C. e Minami, K., 2011. *Alecrim (Rosmarinus officinalis L.)*. Série Produtor Rural. Vol. 49, p.33.

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

Ferriani, A.P., Bortolini, M.F., Ribas, K.C.Z. e Koehler, H.S., 2006. "Propagação vegetativa de estaquia de azaléia arbórea". *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, Vol. 27, n. 1, p. 35-42.

Fischer, D.L.O., Fachinello, J.C., Antunes, L.E.C., Tomaz, Z.F.P. e Giacobbo, C.L., 2008. "Efeito do ácido indolbutírico e da cultivar no enraizamento de estacas lenhosas de mirtilo". *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, São Paulo, Vol. 30, n. 2, p. 285-289.

Krikorian, A.D., 1991. *Medios de cultivo: generalidades, composición y preparación*. In: Roca WM, Mroginsky LA (Eds.). Cultivo de tejidos em la agricultura: fundamentos y aplicaciones. Cali, CIAT, p. 41-77.

Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, R. T. e Geneve, R. L., 2011. *Plant propagation: principles and pratices.* Prentice Hall, New Jersey,8ª edição.

Hernández, C.M.L., Ferradá, C.A.R. e De la luz, L., 2001. "Multiplicación vegetativa de *Rosmarinus officinalis L*. (Romero)". *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, Ciudad de la Habana, Vol. 3, p. 79- 82.

Lorenzi, H. e Matos, F. J., 2006. *Plantas Medicinais no Brasil: Nativas e Exóticas Cultivadas*. Francisco José de Abreu Matos,Instituto Plantarum, Nova Odessa, 1ª edição.

May, A., Suguino, E., Martins, A.N., Barata, L.E.S. e Pinheiro, M.Q., 2010. "Produção de biomassa e óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis L*.) em função da altura e intervalo entre cortes". *Revista Brasileira de Plantas Medicinais.* Paulinia, São Paulo,Vol. 12, n. 2, p. 195-200.

Morales, G.C.F., 1990. *Influência do AIB e da presença de folhas no enraizamento de estacas de laranja "Valência" e tangerinas "Montenegrina".*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Pizzatto, M., Júnior, A.W., Luckmann, D., Pirola, K., Cassol, D.A. e Mazaro, S.M., 2011. "Influência do uso de AIB, época de coleta e tamanho de estaca napropagação vegetativa de hibisco por estaquia". *Revista Ceres*, Viçosa, Vol. 58, n.4, p. 487-492.

Toffoli, E., Valmorbida, R. e Paulus, D., 2009. "Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de alecrim (*Rosmarinus officinalis*)". *XVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR*, Paraná, Vol. 1.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CELÓSIA DE DIFERENTES IDADES

Geovana Facco Barbieri
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: geovanafacco@hotmail.com

Janine Farias Menegaes
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: janine_rs@hotmail.com

Ubirajara Russi Nunes
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: russinunes@yahoo.com.br; rabelle@gmail.com

Rogério Antônio Bellé
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: rabelle@gmail.com

Resumo. *A celósia (Celosia cristata L.) é uma planta ornamental, a qual destaca-se pelo seu intenso florescimento e pela grande produção de sementes, podendo ser utilizada como forração-de-jardim ou flor-de-corte. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de celósia de diferentes idades quando armazenadas em câmera fria. O experimento foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2016, no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Foi realizado o delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se cinco lotes de sementes de celósia com diferentes idades, com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. As sementes foram cultivadas na área do próprio departamento nos anos de 2000, 2004, 2008, 2012 e 2016, colhidas no mês de março de cada ano supracitado e armazenadas em câmera fria (15° C e 40% UR), em embalagens de papel Kraft, com grau de umidade médio de 11% e germinação média de 98%. Avaliou-se a qualidade fisiológica das sementes pelos testes de massa de mil sementes, grau de umidade, teste de germinação padrão, comprimento e massa seca de plântula. Observou-se pelos testes realizados que a qualidade fisiológica das sementes de celósia é preservada por longos períodos, mantendo sua viabilidade germinativa.*

Palavras-chave: *Celosia cristata L., sementes ornamentais, armazenamento*

1. INTRODUÇÃO

A floricultura é uma atividade de alta rentabilidade e com grande potencial de consumo no país, abrangendo uma grande diversidade e exploração de produtos, além de formas de cultivo. As plantas ornamentais destacam-se pelo seu florescimento, estrutura e forma. Segundo Lorenzi e Souza (2008), as plantas ornamentais preenchem os espaços livres e adaptam-se a recipiente de enfeite, estabelecendo, no mundo moderno, o contato mínimo possível do homem com a natureza.

Dentre as plantas ornamentais, destaca-se a celósia (*Celosia cristata L.*) devido seu intenso florescimento, conhecida popularmente como crista-de-galo em virtude da inflorescência em formato de leque aveludado (Bellé, 2000; Kämpf, *et al.*, 2006). Pertencente à família Amaranthaceae, é originária da Índia, utilizada como forração-de-jardim e flor-de-corte, apresentando suas inflorescências com diversidade de cores e formas. *Celosia cristata L.* é considerada uma planta herbácea anual, com altura variando de 0,3 a 0,8 m conforme o manejo desta, de porte ereto, pouco ramificado, caule suculento, folhas verdes e levemente avermelhadas, variando de 7 a 15 cm de comprimento, com inflorescências de coloração vermelha, amarela ou branco-creme, e propagação característica por sementes produzidas em grande quantidade (Lorenzi e Souza, 2008).

A qualidade fisiológica das sementes indica a sua capacidade para desenvolver funções vitais, abrangendo germinação, vigor e longevidade (Popinigis, 1985). Contudo, as sementes estão sujeitas a uma série de mudanças degenerativas de origem bioquímica, fisiológica e física após a sua maturação, as quais estão associadas com a redução

de seu vigor, processos estes que podem ser retardados dependendo das condições de armazenamento e das características da semente (Cardoso, *et al*., 2012). Dessa forma, o uso de sementes com potencial fisiológico elevado é fundamental no alcance de resultados satisfatórios de produtividade. Para que isto seja possível, o armazenamento de sementes se insere com objetivo de resguardar e manter a integridade e viabilidade das estruturas vegetais por longos períodos de tempo (José, *et al*., 2010).

A grande quantidade de sementes das diferentes espécies de celósia apresenta boa qualidade fisiológica logo após a floração, contudo, pouco é o conhecimento sobre a qualidade fisiológica destas sementes quando submetidas a diferentes períodos de armazenamento. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *Celosia cristata L*. de diferentes idades quando armazenadas em câmera fria.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2016, no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes do Departamento de Fitotecnia, no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizado em Santa Maria, RS (29°43' S; 53°43' W e altitude de 95m). O clima na região é subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen-Geiger. Foi realizado o delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se cinco lotes de sementes com diferentes idades de celósia (*Celosia cristata L.*), com quatro repetições de 50 sementes por tratamento.

O cultivo da espécie foi desenvolvido na área experimental do Setor de Floricultura do Departamento de Fitotecnia, no Campus da UFSM, nos respectivos anos: 2000, 2004, 2008, 2012 e 2016. As sementes foram colhidas no mês de março de cada ano supracitado e armazenadas em câmera fria (15° C e 40% UR), em embalagens de papel Kraft, com grau de umidade médio de 11% e germinação média de 98%.

A qualidade das sementes foi avaliada quanto as suas características pelos seguintes testes:

- Massa de mil sementes: a determinação do peso de 1.000 sementes foi de acordo com a metodologia descrita no Manual de Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).
- Grau de umidade: determinado pelo método de estufa 105±3º C por 24 horas, utilizando-se duas subamostras de 5 g (Brasil, 2009).
- Teste de germinação padrão (TPG): realizado em caixas gerbox preparadas com três folhas de papel filtro umedecidas com água destilada correspondente a 2,5 vezes o seu peso, com quatro repetições de 50 sementes e acomodadas na câmara de germinação do tipo BOD (*box organism development*) a 25° C com fotoperíodo de 24 horas. A avaliação de germinação foi feita aos 14 dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009).
- Índice de velocidade de germinação (IVG): realizado conjuntamente com o TPG, onde foram realizadas avaliações diárias conforme a metodologia descrita por Maguire (1962).
- Primeira contagem da germinação (vigor): realizado conjuntamente com o TPG, onde foi determinada a percentagem de plântulas normais aos cinco dias após a instalação do TPG (Brasil, 2009).
- Comprimento de plântula: foi realizado com quatro repetições de 20 sementes, semeadas em duas linhas desencontradas no terço superior no gerbox e mantidas na mesma condição do teste de germinação. No décimo quarto dia após a semeadura, foi medido o comprimento da parte aérea e da radícula de dez plântulas normais de cada repetição (Nakagawa, 1999).
- Massa seca de plântula: dez plântulas normais oriundas do teste de comprimento de plântula foram selecionadas e, posteriormente, realizada a secagem deste material em estufa de ventilação forçada a 65±5° C por 48 horas, para determinação da massa seca de plântulas (Nakagawa, 1999).

Os dados expressos em porcentagem foram transformados em arco-seno $\sqrt{(x/100)}$ e submetidos à análise de variância (ANOVA), e a comparação das médias realizada pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou-se que a forma de armazenamento das sementes de celósia em câmera fria (15º C e 40% UR), em embalagens de papel Kraft, foi eficiente, havendo pouca variação na massa de mil sementes, com média de 0,75 g, e no grau de umidade, com média de 10,9% (Tabela 1). As sementes de celósia foram armazenadas com grau de umidade médio de 11% em todos os anos. Após 16 anos de armazenamento, as sementes colhidas no ano de 2000 obtiveram grau de umidade de 9,7%, variando apenas 11,8% pontos percentuais, indicando eficiência na conservação destas sementes, sem desidratação. Nakagawa (1999) relata que a conservação do grau de umidade e temperatura constantes favorece a manutenção da qualidade fisiológica das sementes, sem prejuízo a sua viabilidade.

Tabela 1. Massa de mil sementes (MMS), grau de umidade (GRU), 1ª contagem de germinação (PCG), germinação de plântulas normais (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), massa seca da parte aérea (MSP), comprimento radicular de plântula (CPR) e comprimento parte aérea de plântula (CPA).

Ano de colheita	MMS (g)	GRU (%)	PCG (%)	GER (%)	IVG	TMG (dias)	MSP ($mg.pl^{-1}$)	CPR (cm)	CPA (cm)
2000	0,74 a	9,7 b	85 b	91 b	54,3 c	3,7 a	0,13 a	3,0 a	1,3 a
2004	0,74 a	10,7 ab	85 b	95 ab	72,6 b	3,5 a	0,13 a	2,7 a	1,2 a
2008	0,76 a	11,4 a	87 ab	96 ab	75,9 b	3,5 a	0,14 a	2,6 a	1,4 a
2012	0,76 a	11,6 a	89 ab	97 a	73,0 b	3,5 a	0,15 a	2,4 a	1,1 a
2016	0,74 a	11,2 a	92 a	98 a	81,5 a	3,4 a	0,15 a	2,0 a	1,3 a[(2)]
Média	0,75	10,9	87	96	71,5	3,5	0,14	2,5	1,3
CV (%)[(1)]	5,62	14,34	30,61	36,19	6,96	10,25	1,57	7,10	11,36

(1) Coeficiente de variação
(2) Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey (5% de significância)

Em relação ao vigor das sementes, obtido pela primeira contagem de germinação, verificou-se que as sementes com 16 anos de armazenamento apresentam ótima viabilidade. A diferença de vigor entre os anos de 2000 e 2016 pode ser atribuída à perda fisiológica natural, sendo esta teoria confirmada pela germinação média de plântulas normais de 96%. Corroborando com estes resultados, Okusanya (1980) verificou satisfatória viabilidade e alta germinação de sementes de *Celosia cristata L*., acima de 90%, quando armazenadas em diferentes temperaturas.

Observou-se diferença significativa em relação ao índice de velocidade de germinação, o qual indica a velocidade de germinação das sementes em condições favoráveis, entre as sementes de celósia colhidas nos anos de 2000 e 2016, sendo que no ano de colheita 2016 obteve-se alto índice de 81,5 em relação ao ano de colheita mais antigo, o qual foi de 54,3. Este fato indica que a mobilização das reservas das sementes ocorre mais lentamente com o decorrer das idades. Contudo, o tempo médio de germinação não indicou diferença significativa, com média de 3,5 dias, demonstrando que as sementes de celósia apresentam boa capacidade de rearranjo das membranas quando expostas em condições adequadas para germinar. Marcos-Filho (2015) afirma que o processo de deterioração das sementes depende da herança genética, desde o rearranjo das membranas para o início do processo trifásico germinativo, somada ao grau de umidade e a exposição ao calor.

Em relação à massa seca das plântulas de celósia, não houve diferença significativa, com média 0,14 mg. pl^{-1}, assim como, o desenvolvimento das plântulas de celósia, no teste de comprimento de plântulas, o qual observou-se pouca variação entre os anos de colheita entre as partes radicular e aérea das plântulas (Tabela 1). No geral, as reservas das sementes germinadas foram mobilizadas para o comprimento de plântula em 65,8 e 34,2% para as partes radicular e aérea, respectivamente.

4. CONCLUSÃO

A qualidade fisiológica das sementes de celósia (*Celosia cristata L.*) é preservada por longos períodos quando armazenadas em câmara fria, mantendo-se viáveis.

5. REFERÊNCIAS

Bellé, R. A., 2000. *Caderno Didático de Floricultura*. Curso de Agronomia, UFSM. 142p.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, Distrito Federal, 1ª edição.

Cardoso, R. B., Binotti, F. F. da S. e Cardoso, E. D., 2012. "Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento". *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiás, Vol. 42, p. 272-278.

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

José, S. C. B. R., Salomão, A. N., Costa, T. S. A., Da Silva, J. T. T. T. e Curi, C. C. S., 2010. "Armazenamento de sementes de girassol em temperaturas subzero: aspectos fisiológicos e bioquímicos". *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, Vol. 32, n. 4 p. 029-038.

Kämpf, A. N., Takane, R. J. e Siqueira, P. T. V., 2006. *Floricultura -técnicas de preparo de substratos*. LK editora, Brasília, 1ª edição.

Lorenzi, H. e SOUZA, H. M., 2008. *Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras.* Instituto Plantarum, Nova Odessa, São Paulo, 4ª edição.

Maguire, J. D., 1962. "Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor". *Crop Science*, Madison, EUA, Vol. 2, n. 2 , p.176-177.

Marcos-filho, J., 2015. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: ABRATES, p. 650.

Nakagawa, J., 1999. “Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas”. In: Krzyzanoswki, F.C. et al. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES.

Okusanya, O. T., 1980. “Germination ans growth of Celosia cristata L., under various light and temperature regimes”. *American Journal of Botany*, San Luis, EUA, Vol. 67, n.6, p.854-858.

Popinigis, F., 1985. *Fisiologia da semente*. Brasilia: ABRATES, 2 ª edição.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CONCENTRAÇÃO DE METABOLITOS SECUNDÁRIOS DE FUNGO FITOPATÓGENO COM AÇÃO BIOHERBICIDA

Izelmar Todero
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: izelmar@yahoo.com.br

Tássia Carla Confortin
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: tassi_cc@hotmail.com

Luciana Luft
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: luciana.luft@ymail.com

Thiarles Brun
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: brun.thiarles@gmail.com

Jéssica Emilia Rabuske
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: jessicarabuske@gmail.com

Thiago Castro Almeida
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: eng.thiagocastro@yahoo.com.br

Juliana Ferreira Soares
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: eng.juferreira@gmail.com

Marcio Antonio Mazutti
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: marciomazutti@gmail.com

Resumo: *Na natureza, são encontrados vários fungos que têm a capacidade de produzirem metabólitos secundários que demonstram propriedades tóxicas em plantas, das quais podem apresentar diferentes modos de ação. Devido a estes metabólitos é possível explorar os bioherbicidas, que podem ser obtidos por processos diferentes. Portanto, o objetivo do trabalho atual foi investigar a produção de metabólitos secundários produzidos pelo fungo Phoma sp. Inicialmente, realizou-se fermentação com o fungo Phoma sp., do qual foram realizados em agitador em 28°C, em agitação de 120 rpm, permanecendo por 7 dias nessas condições. Como um passo seguinte, realizaram-se bioensaios de absorção de folhas, sendo utilizadas folhas de Cucumis sativus, foram cortadas na basedo pecíolo e colocadas em contato com o caldo para absorver a solução. As folhas foram mantidas em uma câmara incubadora de DBO em condições controladas de 28°C, e as avaliações foram realizadas nos 3°, 6° e 9° dia. Os resultados obtidos mostram efeitos como murchamento, amarelecimento e necrose pelo tratamento de caldo quando comparados com a testemunha (água), destacando-se como o possível efeito de biocontrole.*

***Palavras-chave**: Fermentação, microrganismos, potencial herbicida.*

1. INTRODUÇÃO

Um grande problema quando discutido sobre a agricultura industrial é o controle e combate de plantas daninhas. Como controle alternativo, é mantido o uso de herbicidas sintéticos, sendo este altamente eficiente, portanto, quando é

usado de forma incorreta, pode causar riscos à saúde e ao meio ambiente (Venturoso et al., 2010). Com o aumento da demanda e preferência por pessoas para alimentos orgânicos, parece ser a demanda de uma gestão agrícola mais sustentável.

É necessário uma busca constante de herbicidas com diferentes modos de ação que poderiam superar a resistência desenvolvida pelas plantas daninhas e um dos alvos promissores é o estudo do fungo, pois apresentam certas características que favorecem a sua utilização, pois: sendo mais eficaz no controle de infestação de plantas daninhas e de vários agrossistemas terrestres, maior abundância na natureza e facilidade de identificação, por sua facilidade de cultivo em métodos artificiais para a produção em massa (Li et al., 2003) e principalmente pela capacidade específica de produzir substâncias tóxicas. Várias fitotoxinas podem apresentar um potencial de herbicida, podendo penetrar nas folhas da planta, desintegrar sua estrutura celular e induzir a produção de lesões necróticas ou halo cloróticas, com a vantagem de não ser tóxico para os mamíferos e ser facilmente degradável no meio ambiente .

O presente trabalho teve como objetivo a produção e a busca de novas moléculas com atividade herbicida que atuam através de novos modos de ação, ainda não explorados por herbicidas comerciais de *Phoma* sp.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na Biotec Factory, Departamento de Engenharia Química - Universidade Federal de Santa Maria, RS.

2.1 Obtenção e manutenção da cepa e fermentação

A estirpe de *Phoma* sp. (NRRL 43879) foi obtido no Centro Nacional de Pesquisa de Utilização Agrícola - EUA. O mesmo foi mantido em agar de dextrose de batata (PDA) a 4 - 6°C e sub cultivado a cada 15 dias.

A preparação do pré inoculo foi feita a partir de placas sub cultivadas durante 7 dias em uma estufa bacteriológica a 28°C. Para a fermentação, foram utilizados oito frascos Erlenmeyer de 250 mL contendo 125 mL de cada meio de cultura. O meio de cultura foi esterilizado por autoclave a 121°C durante 30 min e depois de atingir a temperatura ambiente com a ajuda de um tubo de ensaio, foram adicionados dois discos com 2 cm de diâmetro em cada frasco. Todo o manuseio, preparação e inoculação de *Phoma* sp. Foi realizada em capa de fluxo laminar e assepsia completa dos materiais utilizados, de modo que a interferência externa ou possível contaminação com organismos indesejáveis foi eliminada. O fungo foi cultivado durante 7 dias num agitador orbital, com agitação a 120 rpm e 28°C (Klaic et al., 2017). No final da fermentação, o caldo foi filtrado e armazenado em freezer até a sua utilização.

2.2 Purificação e concentração de metabolitos

O processo de separação da membrana foi realizado utilizando uma membrana de microfiltração de fluoreto de polivinilideno - PVDF (Microza - modelo UMP 1047R), módulo tubular com um diâmetro de poro de 0,2 µm e uma área de filtração de 0,09 m^2, a pressão de trabalho foi de 1 bar à temperatura ambiente. O reservatório da unidade foi alimentado com 500 mL do sobrenadante e após o processo entrar no regime, as duas frações foram removidas (permeado e retentado) de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Concentrações do caldo fermentado nas duas frações da membrana

Permeado	Retentado
10 %	90 %
30 %	70 %
50 %	50 %
70 %	30 %
90 %	10 %

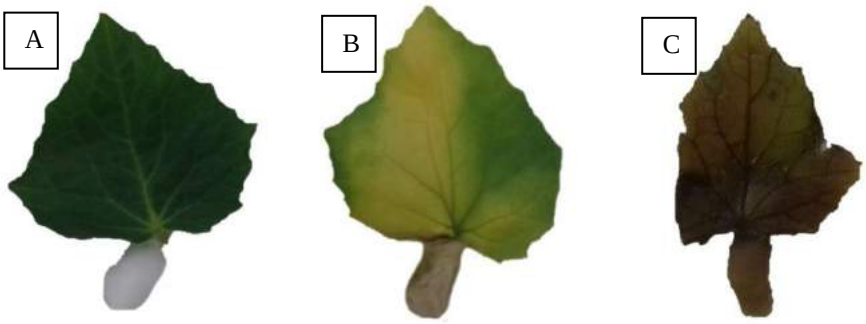
2.3 Bioensaio da atividade herbicida na folha

Para realizar o teste de aplicação na folha, as folhas jovens foram coletadas de *C. sativus*, cortando na base de seu pecíolo e dispostas em caixas gerbox as previamente desinfectadas com álcool a 70% e revestidas com duas folhas de papel de filtro umedecidas. No pecíolo de folha foi colocado um algodão embebido em 2 mL de caldo produzido por *Phoma* sp. E um volume da solução de teste foi permitido absorver, deve-se notar que, para o controle, o algodão foi embebido com água. Os testes foram condicionados em incubadora de DBO com temperatura constante (28°C) e fotoperíodo de 12/12 horas de luz / escuro (Brun et al., 2016). A avaliação foi realizada nos dias 3, 6 e 9 após a aplicação, para a análise da aparência dos sintomas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sintomas incluem amarelecimento, murchamento e necrose nas folhas proeminentes de *C. sativus*. Esses pontos foram observados no primeiro dia após a avaliação e intensificados até a última avaliação, que foi realizada no 9º dia após a aplicação do tratamento. Para avaliar o tratamento, o mesmo foi comparado com o controle, em que não houve dano na folha, conforme observado na Figura 1. Autores como Vikrant et al. (2006), ao aplicar os filtrados de cultura de *Phoma herbarum* obtidos por fermentação submersa em folhas de *Parthenium hysterophorus* (losna branca), observou-se amaralecimento rápido seguido de necrose e morte das folhas 48 h após a aplicação do tratamento. Deve notar-se que o melhor resultado para membranas foi de 30% da fração retentado.

Figura 1. Comparação das lesões observadas no tratamento: controle (A), caldo (B) e retentado de 30% (C).



O teste foliar foi considerado significativo para a produção dos metabolitos secundários produzidos pelo fungo *Phoma* sp., Porque eles têm um efeito sobre as espécies de *C. sativus*, destacando-se como um efeito de possível biocontrole. Vale ressaltar que, no presente estudo, os sintomas observados apresentaram grande intensidade, encontrada de maneira diferente por Brun et al. (2016), onde os sintomas eram de baixa intensidade ao usar o caldo cru de *Phoma* sp., na perfuração foliar. Portanto, a tecnologia que utiliza membranas provou ser um processo eficiente, permitindo a concentração e o fracionamento dos compostos com base no peso e tamanho molecular, permitindo a maximização do efeito herbicida.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que o potencial dos metabolitos secundários produzidos pelo fungo *Phoma* sp., são eficientes como potencial de bioherbicida, apresentando-se como uma alternativa no controle de plantas daninhas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFSM pela infraestrutura disponibilizada e à FAPERGS, CAPES e CNPQ pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

Brun, T., et. al, 2016. Production of bioherbicide by *Phoma* sp. in a stirred-tank bioreactor. 3 Biotech, 6:230. DOI 10.1007/s13205-016-0557-9.

Klaic, R., et. al, 2017. A novel combined mechanical-biological approach to improve rock phosphate solubilization. International Journal of Mineral Processing, 161, 50-58.

Li, Y., Sun, Z., Zhuang, X., Xu, L., Chen, S., Mingzhi, L., 2003. Research progress on microbial herbicides. Crop Prot., 22, 247-252.

Vikrant, P., Verma, K., Rajak, R. C., Pandey, A. K., 2006. Characterization of a phytotoxin from *Phoma herbarum* for management of *Parthenium hysterophorus* L. Journal of Phytopathology, 154, 461–468.

Venturoso, L. R., Bacchi, L. M. A., Gavassoni, W. L., Pontim, B. C. A., Conus, L. A., 2010. Influência de diferentes metodologias de esterilização sobre a atividade antifúngica de extratos aquosos de plantas medicinais. Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.12, n.4, p.499-505.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PRODUÇÃO DE HERBICIDA EM BIORREATOR APARTI DO FUNGO *Phoma* sp.

Thiarles Brun
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: brun.thiarles@gmail.com

Jéssica Emilia Rabuske
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: jessicarabuske@gmail.com

Izelmar Todero
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: izelmar@yahoo.com.br

Tássia Carla Confortin
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: tassi_cc@hotmail.com

Luciana Luft
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: luciana.luft@ymail.com

Thiago Castro Almeida
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: s.somacal@gmail.com

Marcio Antonio Mazutti
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: marciomazutti@gmail.com

Resumo. *O uso de metabólitos produzidos por fungos com potencial herbicida, apresenta-se como uma boa alternativa para redução dos impactos causados pelos herbicidas sintéticos ao meio ambiente. O objetivo desse trabalho foi produzir um herbicida por fermentação submersa de Phoma sp. com efeito sobre as espécies de Cucumis sativus var. wisconsin (pepino) e Sorghum bicolor (sorgo). O presente trabalho foi conduzido no Laboratório Biotec Factory, UFSM. O preparo do pré-inoculo com Phoma sp. foi realizado através de cultivo em agitador orbital sob agitação de 120 rpm e 28°C, durante 5 dias, e posteriormente otimizadas a agitação (40, 50 e 60 rpm) e aeração (1, 2 e 3 vvm) em biorreator para fermentação submersa. Os metabólitos obtidos por filtração foram utilizados em bioensaios para a avaliação da atividade herbicida, como testes em pré-emergência e em folha destacada com as espécies Cucumis sativus var. wisconsin (pepino) e Sorghum bicolor (sorgo). As médias foram comparadas por meio do teste de Scoot-Knott (P=0,5). A aplicação dos metabólitos secundários produzidos por fermentação submersa de Phoma sp. apresentam ação herbicida em pré-emergência e em folhas destacadas de Cucumis sativus e Sorghum bicolor, podendo tornar-se uma alternativa no futuro para o controle de plantas daninhas.*

Keywords: *microrganismos; metabólitos secundários; aplicação.*

1. INTRODUÇÃO

Existem diversos fatores que interferem no potencial produtivo das culturas agrícolas, dentre eles, destaca-se a incidência de plantas daninhas em meio aos cultivos. Entre os métodos de controle disponíveis, predomina o controle químico por ser mais eficiente, porém quando utilizados de maneira incorreta, traz consequências graves aos seres vivos e ao meio ambiente (Yang et al., 2014).

O uso de metabólitos produzidos por fungos com potencial herbicida, apresenta-se como uma boa alternativa para redução dos impactos causados pelos herbicidas sintéticos ao meio ambiente (Varejão et al., 2013). Para a avaliação destes bioprodutos, é indicado o uso de bioensaios de atividade herbicida, entretanto estes precisam ser simples, baratos e de fácil execução (Hoagland e Williams, 2003).

Geralmente, as concentrações de fitotoxinas de fungos em meios de cultura são baixas, por isso o bioensaio deve ser suficientemente sensível para detectar a atividade das fitotoxinas, mesmo quando diluída nos filtrados de cultura (Varejão, 2013).

O objetivo desse trabalho foi produzir um herbicida por fermentação submersa de *Phoma* sp. com efeito sobre as espécies de *Cucumis sativus* var. wisconsin (pepino) e *Sorghum bicolor* (sorgo).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório Biotec Factory da Universidade Federal de Santa Maria, RS. O preparo do pré-inoculo com *Phoma* sp. foi realizado através de cultivo em Agitador orbital com agitação ajustada em 120 rpm e temperatura de 28°C, durante 5 dias. Foram otimizadas as condições de agitação (40, 50 e 60 rpm) e aeração (1, 2 e 3 vvm) em biorreator para fermentação submersa, sendo que após cada fermentação de sete dias, realizou-se a separação da biomassa do caldo fermentado contendo a fitotoxina.

Para a avaliação do potencial herbicida foram realizados alguns bioensaios, como testes em pré-emergência e em folha destacada com as espécies *Cucumis sativus* var.wisconsin (pepino) e *Sorghum bicolor* (sorgo). Os testes em pré-emergência foram conduzidos e avaliados conforme a RAS e os de punctura conduzidos da seguinte forma: primeiramente coletou-se folhas jovens de *C. sativus* e *S. bicolor* que foram dispostas em caixas gerbox previamente desinfestadas. Os ferimentos ou puncturas foram realizados na face adaxial das folhas, com auxílio de agulhas flambadas, após uma solução com os fermentados foi colocado sobre as puncturas (1 microlitro), em três pontos da folha, base, ápice e centro.

A avaliação do teste em punctura foi feita 72 horas após a aplicação dos tratamentos, através de análise visual das lesões, como amarelecimento, clorose e necrose das folhas. As médias obtidas nos dois testes foram comparadas por meio do teste de Scoot-Knott utilizando o software Sisvar, considerando um nível de significância de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a tabela 1, os resultados encontrados para o teste de germinação, demostraram que em ambos os tratamentos avaliados, houve a inibição de 100% da germinação de todos os tratamentos avaliados na segunda contagem, com exceção da testemunha onde a germinação ocorreu normalmente. Conforme a tabela 1, na primeira contagem o tratamento que causou maior interferência na germinação do *C. sativus* foi o T4, com 40% de inibição, já para o *S. bicolor* o melhor tratamento foi o T6, apresentando 84% de inibição na primeira contagem de germinação.

Tabela 1 – Porcentagem de inibição da germinação na primeira e segunda contagem de *Cucumis sativus* e *Sorghum bicolor* para cada tratamento do DCC.

Tratamentos	Rotação (rpm)	Aeração (vvm)	Pré-emergência			
			C. sativus		*S. bicolor*	
			1º count (%)	2º count (%)	1º count (%)	2º count (%)
T0	--	--	0 b[a]	0 b	0 c	0 b
T1	40 (-1)	1 (-1)	12 a	100 a	55 b	100 a
T2	60 (1)	1 (-1)	24 a	100 a	81 a	100 a
T3	40 (-1)	3 (1)	29 a	100 a	61 b	100 a
T4	60 (1)	3 (1)	40 a	100 a	72 a	100 a
T5	50 (0)	2 (0)	16 a	100 a	51 b	100 a
T6	50 (0)	2 (0)	12 a	100 a	84 a	100 a
T7	50 (0)	2 (0)	26 a	100 a	80 a	100 a

[a]letras diferentes na coluna representam diferença significativa a 95% ($p<0.05$ – teste Scoot-Knott).

Já para os resultados da aplicação dos tratamentos em folhas destacadas (Tabela 2), a maioria dos tratamentos provocaram lesões amareladas em *Cucumis sativus* ou lesões necrosadas em folhas de *Sorghum bicolor*.

Os resultados encontrados nos bioensaios, indicam que os metabólitos produzidos por *Phoma* sp. possuem efeito herbicida sobre as espécies avaliadas. O maior potencial herbicida encontrado em ambos os ensaios realizados, foi no T3 para a espécie *Cucumis sativus* e T4 para *Sorghum bicolor*.

Tabela 2 – Matriz experimental do Delineamento Composto Central 2^2 com três repetições no ponto central, para avaliar o efeito inibitório dos metabólitos secundários de *Phoma* sp. sobre folhas destacadas de *C. sativus* e *S. bicolor*.

Tratamentos	Agitação (rpm)	Aeração (vvm)	Punctura	
			C. sativus	*S. bicolor*
T0	--	--	N*	N
T1	40 (-1)	1 (-1)	-	+
T2	60 (1)	1 (-1)	-	+
T3	40 (-1)	3 (1)	--	+
T4	60 (1)	3 (1)	-	++
T5	50 (0)	2 (0)	-	+
T6	50 (0)	2 (0)	-	+
T7	50 (0)	2 (0)	-	+

*(N): Sem efeito; (-): Leve amarelecimento; (--): Amarelecimento acentuado; (+): Leve necrose; (++): Necrose acentuada.

4. CONCLUSÕES

A aplicação dos metabólitos secundários produzidos por fermentação submersa de *Phoma* sp. apresentam ação herbicida em pré-emergência, e em folhas destacadas de *Cucumis sativus* e *Sorghum bicolor*, podendo tornar-se uma alternativa no futuro para o controle de plantas daninhas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFSM pela infraestrutura disponibilizada e à FAPERGS, CAPES e CNPQ pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Varejão, E. V. V. et al., 2013. Phytotoxic Effects Of Metabolites From *Alternaria euphorbiicola* Against Its Host Plant *Euphorbia heterophylla*. *Quimica Nova*, v.36. n.7, p. 1004-1007.

Yang, J. et al., 2014. Isolation, Identifiation, and Herbicidal Activity of Metabolites Produced by *Pseudomonas aeruginosa* CB-4. *Journal of Integrative Agriculture*. v. 13: 1719-1726.

Hoagland, R. E.; Williams, R. D., 2003. Bioassays – useful tools for the study of allelopathy. CRC Press, Boca Raton, pp. 315–351.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

EFEITO DO TRATAMENTO DE SEMENTE ASSOCIADO A DIFERENTES FUNGICIDAS NA PARTE AÉREA DA CULTURA DA SOJA SOBRE O CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA

Felipe Kominkiewicz
Marta Maria Casa Blum
Jakson Alexandre May
Amito José Teixeira
URI- Erechim
felipe_kmk02@hotmail.com; martablum@gmail.com; jaksonmay@hotmail.com, amito@uricer.edu.br

Resumo*: O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da associação de diferentes modalidades de tratamento de semente, combinados com diferentes fungicidas em pulverização foliar, sobre o controle da ferrugem asiática da soja. Utilizou-se três modalidades de sementes: tratamento industrial, tratamento convencional e sementes sem tratamento. Os fungicidas utilizados foram Fox, na dose de 400 mL.ha^{-1} do produto comercial; Elatus, na dose de 200 g.ha^{-1} do produto comercial e Unizeb Gold, na dose de 2,25 kg.ha^{-1} de produto comercial. Para todos os fungicidas utilizou-se o adjuvante Aureo na dose de 250 mL para 100 litros de água. As quatro aplicações foram realizadas, nos respectivos estádios de desenvolvimento: V-6, R1, R5.1 e R5.3. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com três repetições. As variáveis quantificadas foram: a emergência de plantas; a incidência e a severidade da ferrugem da soja; o peso de mil sementes (PMS) e o rendimento de grãos. Os trifólios para quantificação da doença foram coletados em quatro estádios: R 5.2, R 5.3, R 5.4, R 5.5. Os resultados encontrados foram submetidos à análise de variância, e quando houve diferença significativa entre os tratamentos, foi efetuado o teste de Tukey 5% de probabilidade. Numericamente a melhor combinação do tratamento de sementes com pulverização de fungicidas na parte aérea para incidência e severidade da ferrugem asiática foi Fox + TSI, para o PMS foi Elatus sem TS e para o rendimento Fox + TS produtor.*
Palavra-chave: *Glycine max, Phakopsora pachyrhizi, Severidade, Eficiência.*

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L) Merrill – Fabaceae) é considerada dentro da cadeia produtiva agrícola brasileira uma das culturas mais importantes, isso se deve pelas suas diversificadas formas de utilização, em especial como fonte de proteína na alimentação humana e animal (medice *et al*.,2007).

A qualidade das sementes é fator primordial para estabelecimento de lavouras com alto potencial produtivo. No entanto, condições climáticas adversas podem comprometer o desenvolvimento inicial da cultura. Assim, em situações desfavoráveis à germinação e emergência, principalmente baixa disponibilidade de água no solo, o tratamento de sementes de soja com fungicidas é uma prática essencial para assegurar estande adequado, além de reduzir a possibilidade de introdução de patógenos em áreas indenes (pereira *et al*., 2011).

Atualmente pode-se destacar a ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sidow, como a principal doença que ocorreu nesses últimos anos, com reduções de produtividade de até 80%, quando se comparam áreas tratadas e não tratadas com fungicidas (dall'agnol *et al*., 2008).

Como medidas complementares para controle das manchas foliares, chamadas de DFC (causadas principalmente por Septoria glycines Hemmi e Cercospora kikuchi Tak., Matsumoto & Tomoy), do oídio e da ferrugem asiática, tem sido recomendada a aplicação de fungicidas nos órgãos aéreos (gallotti *et al*., 2005). De acordo com Rocha *et al*., (2016) a utilização de produtos químicos para controlar a ferrugem asiática da soja é um do métodos mais eficientes.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da associação de diferentes modalidades de tratamento de semente, combinados com diferentes fungicidas em pulverização foliar, sobre o controle da ferrugem asiática da soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, município de Erechim, RS. O período do experimento, semeadura à colheita, ocorreu do dia 01 de dezembro de 2016 até 12 de abril de 2017, durante a safra agrícola 2016/2017.

A área do experimento foi dessecada um mês antes da implantação do experimento com herbicida Paraquat + Diuron na dose de 3 $L.ha^{-1}$, sendo a cultura anterior aveia preta (BRS 139). A semeadura da soja foi realizada no dia 1 de dezembro de 2016 utilizando 280 $Kg.ha^{-1}$ de adubo com a formulação NPK 4-23-23. Realizou-se ainda, 30 dias após a semeadura uma segunda aplicação com Glifosato na dose de 2 $L.ha^{-1}$ misturado com inseticida Imidacloprido + Beta-Ciflutrina na dose de 0,75 $L.ha^{-1}$.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados no ensaio, cultivar BS 2606 IPRO, Erechim, safra 2016/17.

Tratamento	Tratamento de Sementes	Pulverização Foliar
T1	Sem TS	Testemunha
T2	TS Convencional	Testemunha
T3	TS Industrial	Testemunha
T4	Sem TS	Fox
T5	TS Convencional	Fox
T6	TS Industrial	Fox
T7	Sem TS	Elatus
T8	TS Convencional	Elatus
T9	TS Industrial	Elatus
T10	Sem TS	Unizeb Gold
T11	TS Convencional	Unizeb Gold
T12	TS Industrial	Unizeb Gold

A cultivar utilizada foi BS 2606 IPRO de ciclo precoce (110 – 145 dias) e grupo de maturação 6.0. A semente foi cedida por uma empresa da região sendo duas amostras recebidas com tratamento de semente (industrial e outro em máquina convencional utilizada em nível de propriedade agrícola) e uma amostra sem tratamento. As sementes que receberam tratamento, foram tratadas com o inseticida Cropstar (Midacloprido + Tiodicarbe) na dose de 5 $ml.kg^{-1}$ de semente e com o fungicida Derosal plus (Carbendazim + Tiram) na dose de 2 $ml.kg^{-1}$ de semente. Para o tratamento industrial foi adicionado Polímero e pó secante uma vez que estes produtos são padrão do tratamento industrial.

As pulverizações na parte aérea da cultura foram realizadas com pulverizador costal modelo Jacto SP 20 com uma barra de quatro bicos espaçados por 0,5 metros, com pontas de pulverização do tipo leque KFAD 110 0.2 à pressão de 350 kPa. O volume de calda utilizado foi de 200 $L.ha^{-1}$.

Nas aplicações foliares foram utilizados três fungicidas, conforme: Fox (Trifloxistrobina + Protioconazol), na dose de 0,4 $L.ha^{-1}$ do produto comercial; Elatus (Azoxistrobina + Benzovindiflupir), na dose de 0,2 $Kg.ha^{-1}$ do produto comercial e Unizeb Gold (Mancozebe), na dose de 2,25 $Kg.ha^{-1}$ de produto comercial. Para todos as pulverizações foliares utilizou-se o adjuvante Aureo na dose de 0,25 L para cada 100 litros de água. Foram realizadas quatro aplicações com cada fungicida, nos respectivos estádio de desenvolvimento: V-6, R1, R5.1 e R5.3. O intervalo estimado entre uma aplicação e outra foi de 20 dias.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com três repetições. A unidade experimental constou de uma parcela com sete linhas de semeadura, espaçada 0,45 metros, por quatro metros de comprimento. Estabeleceu-se uma densidade de semeadura de 16 sementes por metro linear.

As variáveis quantificadas foram:

- a emergência de plantas, contando-se o número de plantas emergidas por metro linear em cada tratamento de semente aos 40 dias após a semeadura (estádio V-5);
- a incidência e a severidade da ferrugem da soja, coletando-se nove trifólios (terço superior, médio e inferior das plantas) por parcela ao acaso e quantificando-se individualmente a intensidade da doença em cada folíolo;
- o peso de mil sementes (PMS), obtidos pela média de oito repetições do peso de 100 grãos e extrapolando-se este valor para 1.000 grãos;
- o rendimento de grãos, obtido pela colheita de 1,35 m^2 central de cada parcela, corrigindo-se o teor de umidade para 13% e passando os valores para $Kg.ha^{-1}$.

Os trifólios para quantificação da doença foram coletados nos seguintes momentos: primeira avaliação no dia 24/02/2017, estádio R 5.2 após a terceira aplicação de fungicida; segunda avaliação no dia 08/03/2017, estádio R 5.3 após

a terceira aplicação de fungicida; terceira avaliação no dia 21/03/2017, estádio R 5.4 após a quarta aplicação de fungicida e a quarta avaliação no dia 28/03/2017, estádio R 5.5 após a quarta aplicação de fungicida. Assim, gerando a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e a porcentagem de controle da ferrugem asiática (campbel e madden, 1990).

A incidência foi quantificada pela porcentagem de folíolos com sintomas de ferrugem asiática. A quantificação da severidade, definida como a porcentagem da área foliar coberta com sintomas da doença, foi realizada com o auxílio de escala diagramática, para cada folíolo dividindo-se pela incidência (godoy et al., 2006).

Os resultados encontrados foram submetidos à análise de variância, e quando houve diferença significativa entre os tratamentos, foi efetuado o teste de Tukey 5% de probabilidade de erro, sendo utilizado o programa estatístico SASM-Agri (canteri *et al*., 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 40 dias após a semeadura (DAS), foram observadas diferenças significativas entre os diferentes tratamentos de sementes utilizados (Tabela 2). Verificou-se, com relação ao número de plantas estabelecidas por metro linear, que o tratamento de semente industrial foi superior ao tratamento de semente realizado pelo produtor, sendo que este não diferiu da testemunha sem tratamento de semente. Observou-se, ainda, um acréscimo de 18,8% do TS Industrial em relação as sementes que foram à campo sem serem tratadas. De acordo com Conceição *et al*. (2014), isto pode ser devido ao tratamento químico de sementes conferir maior proteção as sementes e plântulas contra o ataque de fitopatógenos e insetos praga.

Tabela 2. Número de plantas estabelecidas por metro linear aos 40 DAS de acordo com os diferentes tratamentos de semente utilizados.

		Nº plantas por metro linear:	
Tratamento			**Acréscimo (%)**
Trat. 03	TS Industrial	16,4 a	18,8
Trat. 02	TS Convencional	14,5 b	4,8
Trat. 01	Sem TS	13,8 b	
C.V.(%)	3,2		

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

Sob as condições em que o ensaio foi conduzido, a área abaixo da curva de progresso (AACPD) para a incidência da ferrugem da soja indicou que, com exceção do tratamento TSI testemunha e ao tratamento de TSI + Unizeb Gold, os demais tratamentos foram superiores ao tratamento Sem TS Testemunha, mas não diferiram entre si (Tabela 3).

O tratamento 6 (TSI + Fox), que apresentou a menor incidência da doença e maior porcentagem de controle, diferiu estatisticamente somente do tratamento 1 (Sem TS + Testemunha), indicando que mesmo as plantas que recebem aplicações de fungicidas não estão totalmente protegidas e podem ser infectadas pela ferrugem asiática.

Tabela 3. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para incidência da ferrugem da soja e porcentagem de controle da associação do tratamento de semente e pulverização foliar de cada tratamento.

AACPD - Incidência ferrugem da soja				
Tratamento		**Dose P.C.***	**AACPD**	**Controle (%)**
Trat. 01	Sem TS Testemunha	0	1626 a	0
Trat. 03	TSI Testemunha	0	1349 ab	17
Trat. 12	TSI Unizeb Gold	2,25 $Kg.ha^{-1}$	1318 ab	19
Trat. 02	TS produtor Testemunha	0	1264 b	22
Trat. 09	TSI Elatus	0,2 $Kg.ha^{-1}$	1225 b	25
Trat. 10	Sem TS Unizeb Gold	2,25 $Kg.ha^{-1}$	1178 b	28
Trat. 04	Sem TS Fox	0,4 $L.ha^{-1}$	1178 b	28
Trat. 07	Sem TS Elatus	0,2 $Kg.ha^{-1}$	1148 b	29
Trat. 11	TS produtor Unizeb Gold	2,25 $Kg.ha^{-1}$	1109 b	32
Trat. 05	TS produtor Fox	0,4 $L.ha^{-1}$	1094 b	33
Trat. 08	TS produtor Elatus	0,2 $Kg.ha^{-1}$	1048 b	36
Trat. 06	TSI Fox	0,4 $L.ha^{-1}$	1040 b	36
C.V.(%)	10,0			

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.
* Dose do produto comercial (P.C.).

Para a área abaixo da curva de progresso (AACPD) de severidade da ferrugem da soja (Tabela 4), o melhor controle observado ficou com o tratamento TSI + Fox, não diferindo de TS produtor + Fox, Sem TS Fox, TSI + Elatus, TS produtor + Elatus e TS produtor + Unizeb Gold. O tratamento de semente não influenciou na redução da severidade da ferrugem, observando-se individualmente cada fungicida utilizado na parte aérea da cultura.

Tabela 4. Índices de severidade obtidos pela área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem da soja e porcentagem de controle da associação do tratamento de semente e pulverização foliar de cada tratamento.

AACPD - Severidade ferrugem da soja				
Tratamento		**Dose P.C.***	**AACPD**	**Controle (%)**
Trat. 01	Sem TS Testemunha	0	456 a	0
Trat. 02	TS produtor Testemunha	0	437 ab	4
Trat. 03	TSI Testemunha	0	408 ab	10
Trat. 10	Sem TS Unizeb Gold	2,25 $Kg.ha^{-1}$	327 abc	28
Trat. 12	TSI Unizeb Gold	2,25 $Kg.ha^{-1}$	321 abc	30
Trat. 07	Sem TS Elatus	0,2 $Kg.ha^{-1}$	303 bcd	33
Trat. 11	TS produtor Unizeb Gold	2,25 $Kg.ha^{-1}$	241 cde	47
Trat. 08	TS produtor Elatus	0,2 $Kg.ha^{-1}$	222 cde	51
Trat. 09	TSI Elatus	0,2 $Kg.ha^{-1}$	219 cde	52
Trat. 04	Sem TS Fox	0,4 $L.ha^{-1}$	201 cde	56
Trat. 05	TS produtor Fox	0,4 $L.ha^{-1}$	167 de	63
Trat. 06	TSI Fox	0,4 $L.ha^{-1}$	98 e	79
C.V.(%)	17,4			

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.
* Dose do produto comercial (P.C.).

Em relação ao peso de mil sementes (PMS), não houve diferença significativa entre os tratamentos adotados, relacionando o tratamento de sementes com a pulverização aérea. O tratamento 7 (Sem TS Elatus), com 206,3 gramas,

foi o que obteve o maior peso de mil sementes, enquanto que no outro extremo, o tratamento 12 (TSI Unizeb Gold), teve uma menor massa de grãos entre todos os tratamentos avaliados (Tabela 5).

Tabela 5. Peso de mil sementes (PMS) referente à colheita das plantas de soja oriundas da combinação de tratamento de semente com pulverização foliar.

		PMS (g)		
		Tratamento		
Trat. 07		Sem TS Elatus	206,3	ns*
Trat. 11		TS produtor Unizeb Gold	201,9	
Trat. 08		TS produtor Elatus	200,4	
Trat. 10		Sem TS Unizeb Gold	198,2	
Trat. 05		TS produtor Fox	197,8	
Trat. 02		TS produtor Testemunha	195,0	
Trat. 03		TSI Testemunha	191,5	
Trat. 06		TSI Fox	188,7	
Trat. 04		Sem TS Fox	186,1	
Trat. 09		TSI Elatus	180,3	
Trat. 01		Sem TS Testemunha	173,1	
Trat. 12		TSI Unizeb Gold	167,3	
C.V.(%)	13,1			

*ns: não diferença significativa.

Na tabela 6, para o rendimento de grãos, os tratamentos não diferiram e foram superiores às testemunhas sem tratamento na parte aérea (com ou sem TS), exceto para TS produtor + Unizeb Gold que não diferiu das mesmas.

O tratamento 5 (TS Produtor + Fox) e o tratamento 6 (TSI + Fox), numericamente apresentaram os maiores rendimentos de grãos mas não diferiram estatisticamente dos tratamentos 4 (Sem TS Fox), 9 (TSI Elatus), 7 (Sem TS Elatus), 12 (TSI Unizeb Gold), 8 (TS produtor Elatus) e 10 (Sem TS Unizeb Gold).

Tabela 6. Rendimento de grãos (kg.ha^{-1}) e (sc.ha^{-1}) de cada tratamento e incremento (sc) pela diferença dos demais tratamentos em relação ao tratamento 1 (Testemunha sem TS).

		Rendimento de grãos			
	Tratamento	**kg.ha^{-1}**	**sc.ha^{-1}**		**Incremento (sc)**
Trat. 05	TS produtor Fox	4971,0	82,9	a	34,0
Trat. 06	TSI Fox	4910,4	81,8	a	33,0
Trat. 04	Sem TS Fox	4671,8	77,9	ab	29,0
Trat. 09	TSI Elatus	4464,4	74,4	ab	25,6
Trat. 07	Sem TS Elatus	4442,0	74,0	ab	25,2
Trat. 12	TSI Unizeb Gold	4350,8	72,5	ab	23,7
Trat. 08	TS produtor Elatus	4321,0	72,0	ab	23,2
Trat. 10	Sem TS Unizeb Gold	4105,8	68,4	abc	19,6
Trat. 11	TS produtor Unizeb Gold	3801,4	63,4	bcd	14,5
Trat. 03	TSI Testemunha	3189,6	53,2	cd	4,3
Trat. 02	TS produtor Testemunha	3133,4	52,2	cd	3,4
Trat. 01	Sem TS Testemunha	2929,0	48,8	d	
C.V.(%)	8,1				

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

Os dados de intensidade de doença e rendimento de grãos obtidos neste ensaio foram avaliados para efeito de interação entre tratamento de sementes e tratamento com fungicidas na parte aérea, sendo que a interação não foi significativa. Nas condições em que este ensaio foi conduzido, o tratamento de semente não influenciou na intensidade de doença e nem no rendimento de grãos.

4. CONCLUSÃO

As sementes que receberam o tratamento industrial (TSI), garantiram um bom arranque inicial e adequado estande de plantas. O tratamento de semente pode contribuir para o manejo da ferrugem asiática da soja, visto que mantém as plantas saudáveis, permitindo assim, no momento que a doença incidir sobre a lavoura melhor resistência à infecção do fungo.

O tratamento de semente não influenciou na intensidade de doença e nem no rendimento de grãos não havendo também diferenças entre os fungicidas utilizados na parte aérea.

6. REFERÊNCIAS

Campbell, c. L.; Madden, l. v. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. New York: John Wiley. 532 p. canteri, m.g., althaus, r.a., virgens filho, j. s., giglioti, e. a e godoy, c. v. 2001. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft-Knott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, v.1, n.2, p.18-24.

Conceição, G.M.; Barbieri, A.P.P.; Lúcio, A.D.; Martin, T.N.; Mertz, L.M.; Mattioni, N.M. E Lorentz, L.H. , 2014. Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos nas sementes. *Bioscience Journal*, v.30, n.6, p.1711-1720.

Dall'agnol, A.; Roessing, A.C.; Lazzarotto, J.J.; Hirakuri, M.H. E Oliveira De, A.B. 2008. Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil 2008. Londrina: Embrapa Soja, Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, 280p. (Sistemas de Produção, 12).

Gallotti, G.J.M.; Balbinot-Júnior, A.A. E Backes, R.L. 2005. Efeito da época de semeadura e da aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem asiática, oídio e doenças de final de ciclo na cultura da soja. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v.4, n.2, p.87-93, 2005.

Godoy, C.V.; Koga, L.J. E Canteri, M.G. 2006. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. *Fitopatologia Brasileira*. v.31, n.1, p.63-68.

Medice, R.; Alves, E.; Assis, R.T.; Magno Junior, R.G. E Lopes, E.A.G.L. 2007. Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática da soja. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.31, n.1, p.83-90.

Pereira, C.E.; Oliveira, J.A.; Guimarães, R.M.; Vieira, A.R.; Evangelista, J.R.E. E Oliveira, G.E. 2011. Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.1, p.158-164.

Rocha, A.J. Da Silva; Mühl, F.R.; Ritter, A.F.S.; Moreira, A.; Feldmann, N.A. E Rhoden, a. , 2016. Avaliação de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja na safra 2014/2015. Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos, n. 1.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA E DADOS AGROPECUÁRIOS NA REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL

Jéssica Cristina Backes
Marciana Brandalise
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Agrárias
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Av.Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
jessica96cristina@hotmail.com
marcinha12355@hotmail.com

Ivan Luís Rovani
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP, Departamento de Hidrobiologia
Av.Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
ivanrovani@yahoo.com.br

Franciele Rosset de Quadros
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Av.Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
franr@uri.com.br

Jéssica Aparecida Prandel
Mestranda do Programa de Pós-Graduação de Ecologia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Av.Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
jessicaprandel@yahoo.com.br

Charli Cristina Cenci
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Agrárias
Av.Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
chacenci@hotmail.com

Elisabete Maria Zanin
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Av.Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
emz@uri.com.br

Vanderlei Secretti Decian
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Av.Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
vdecian@uri.com.br

Resumo. *Este estudo teve como objetivo avaliar as mudanças no uso e cobertura da terra e as atividades econômicas agropecuárias desenvolvidas na região Norte do Rio Grande do Sul. Esta avaliação foi realizada por meio da determinação do uso e cobertura da terra, para qual, foram utilizadas quatro cenas de imagem correspondentes aos anos de 1991, 2001, 2011 e 2016 dos satélites Landsat 5 e 8 e, pelos dados agropecuários obtidos a partir de setores censitários e dados estatísticos dos anos de 1991, 2001, 2011 e 2015. Durante o período de estudo foi possível observar que as principais culturas temporárias soja e trigo apresentaram um aumento de área cultivada, entretanto, as culturas milho e feijão diminuíram suas áreas cultivadas. Para as culturas permanentes destacam-se os cultivos de erva-mate e laranja na região. Por sua vez, a atividade pecuária evidenciou um aumento na criação de aves, bovinos e suínos durante o período analisado. As mudanças no uso e cobertura da terra mostram um aumento das áreas de vegetação nativa e pastagem e redução de área dos usos agrícolas (agricultura e solo exposto), resultando em alterações na paisagem natural e na socioeconomia regional.*

Palavras-chave: *Paisagem agrícola, desenvolvimento agropecuário, impactos ambientais, gestão ambiental, geoprocessamento.*

1. INTRODUÇÃO

A conversão de ambientes naturais em terras agrícolas, durante toda a história humana gerou graves impactos ambientais, oriundos da exploração da produtividade primária (Grau e Aide, 2008; Parcerisas et al., 2012). À medida que a humanidade desenvolve práticas que garantem sua sobrevivência e bem-estar em um determinado espaço, as atividades agropecuárias alteram as propriedades das paisagens, modificando os habitats naturais e sua biodiversidade (de Oliveira, 2015).

As mudanças no uso e cobertura da terra provocadas pelos processos socioeconômicos influenciam na exploração inadequada e degradação do solo (Fonseca et al., 2007; Parcerisas, et al., 2012). Entretanto, com a adoção de práticas conservacionistas e manejo correto do solo por meio de tecnologias de ponta pode-se obter maior produção agrícola em menor área cultivável (Leite et al., 2010). Com o aumento da demanda por alimentos, expansão da fronteira agrícola e evolução tecnológica, aliadas ao avanço genético, uso de agroquímicos e manejo adequado do solo, favoreceram o desenvolvimento da agricultura moderna e ocasionaram o abandono da agricultura em áreas marginais contribuindo na redução do desmatamento (Grau e Aide, 2008; Balbino et al., 2011).

O conhecimento da ocupação do solo, quanto a sua natureza, localização, forma de ocorrência e mudanças ocorridas em determinados períodos são importantes para a programação de atividades que visam o desenvolvimento agrícola, econômico e social de uma determinada região (Politano et al., 1980). Por sua vez, o mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da confecção de mapas de uso e cobertura da terra, são aspectos fundamentais para o entendimento dos padrões de ocupação e organização do espaço (Prado et al., 2007). Estudo desenvolvido pelo World Bank (2011) considerou o Brasil como um amplo contribuinte mundial na produção agropecuária, sendo a região Sul seu grande celeiro agrícola. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar as mudanças no uso e cobertura da terra e as atividades econômicas agropecuárias, verificando as modificações destas atividades desenvolvidas na região Norte do Rio Grande do Sul.

2. MATERIAL E METODOS

2.1 Área de estudo

Compreende a Região Norte do Rio Grande do Sul, composta por 31 municípios, entre as coordenadas geográficas 27º12’59” a 28º00’47”S e 51º49’34” a 52º48’12”O (Fig. 1). Possui área de 591.600,00 hectares, com altitudes que variam entre 400m a 800m. Conforme a classificação de Köppen o clima é caracterizado como Cfa e denominado subtropical (Nimer, 1990). A vegetação é caracterizada por uma área de transição entre Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista sob o domínio da Mata Atlântica (IBGE, 2012).

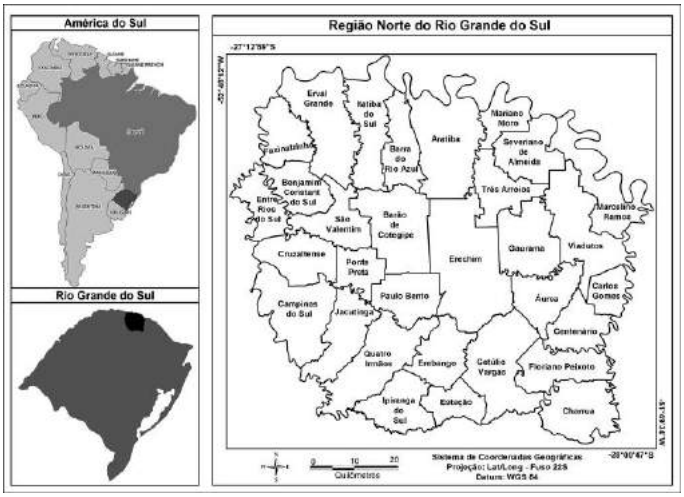


Figura 1. Localização e limites geopolíticos da Região Norte do Rio Grande do Sul.

2.2 Uso e cobertura da terra e dados agropecuários

Foram utilizadas três cenas do satélite Landsat 5, sensor TM, correspondente aos anos de 1991, 2001 e 2011 e uma cena do satélite Landsat 8, sensor OLI, correspondente ao ano de 2016, ambas com órbita/ponto 222/079. Foi realizado o tratamento digital das imagens (cor, brilho e contraste), composição colorida e georreferenciamento, utilizando o *software* IDRISI Selva.

A classificação supervisionada foi desenvolvida por meio do método de Máxima Verossimilhança (MaxVer) e a acurácia a partir do coeficiente de Kappa, utilizando o *software* IDRISI Selva. A categorização do uso e cobertura da terra foi adaptada da classificação sistemática do Manual Técnico de Uso da Terra, proposta pelo Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística (IBGE, 2013) (Quadro 1). Os mapas temáticos de uso e cobertura da terra foram gerados por meio do *software* MapInfo Professional 8.5.

Quadro 1. Classes de uso e cobertura da terra da Região Norte do Rio Grande do Sul. Adaptado de IBGE, 2013.

Classes	Descrição
Agricultura	Áreas de cultivo, principalmente de *Glycine max L.* (soja), *Zea mays* (milho), *Triticum spp.* L. (trigo), *Citrus spp.* (citros) e *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. (erva-mate).
Área úmida	Áreas conhecidas como banhados, zonas de transição terrestre-aquáticas.
Área urbanizada	Áreas de uso intensivo, com adensamento urbano, infraestruturas rurais, industriais e comerciais.
Lâmina d'água	Rios, canais, represas e açudes.
Pastagem	Área com predomínio de vegetação herbácea (exótica), utilizada para pecuária extensiva e leiteira.
Silvicultura	Áreas de cultivo homogêneo, principalmente de *Eucalyptus spp.* e *Pinus spp.*
Solo exposto	Áreas sem cobertura florestal ou em pousio.
Rede Viária	Sistema de rodovias.
Vegetação nativa	Áreas com predomínio de vegetação arbustiva/arbórea nativa.

A coleta dos dados agropecuários baseou-se no censo agropecuário de 1995/1996 (IBGE, 1998) e no censo agropecuário de 2006 (IBGE, 2006) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e na Fundação de Economia e Estatística (FEE) (FEE, 2017). Foram utilizadas informações e dados estatísticos da Região Norte do Rio Grande do Sul, referentes às culturas temporárias, permanentes e pecuária para os anos de 1991, 2001, 2011 e 2015. Os dados coletados nestas plataformas digitais são referentes à produção agrícola (culturas temporárias e permanentes) e pecuária.

2.3 Análise dos dados

Para avaliar a dinâmica do uso e cobertura da terra durante o período de estudo, foram utilizados os percentuais de cada classe, quantificados para cada ano. Em relação aos dados agropecuários, foram quantificados para os anos das cenas de satélite. Para cada período analisado, os dados de uso e cobertura da terra (1991, 2001, 2011 e 2016) foram comparados com os dados agropecuários (1991, 2001, 2011 e 2015), a fim de avaliar as alterações na paisagem neste período.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do período de estudo 1991 a 2016 verificamos um aumento em área dos usos de vegetação nativa (9,72%) e pastagem (6,06%). Os usos agrícolas (agricultura e solo exposto) apresentaram uma redução em suas áreas, cerca de 16,90%. Os demais usos e cobertura da terra apresentaram baixa variação no período de análise (Tab. 1).

Tabela 1. Quantificação das classes de Uso e Cobertura da Terra para os anos de 1991, 2001, 2011 e 2016.

Uso e Cobertura da Terra	1991		2001		2011		2016	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Agricultura	236.572,93	39,99	241.487,30	40,82	219.821,94	37,16	190.778,86	32,25
Área úmida	4.236,02	0,72	3.999,38	0,68	3.897,60	0,66	3.671,67	0,62
Área urbanizada	4.401,41	0,74	4.946,74	0,84	6.773,07	1,14	7.519,06	1,27
Lâmina d'água	9.488,40	1,60	14.022,78	2,37	15.738,76	2,66	14.969,55	2,53
Pastagem	44.330,64	7,49	61.431,55	10,38	83.675,90	14,14	80.180,35	13,55
Rede viária	3.404,17	0,58	3.404,17	0,58	3.404,17	0,58	3404,17	0,58
Silvicultura	12.726,92	2,15	8.669,50	1,47	8.230,80	1,39	11.056,79	1,87
Solo exposto	183.610,14	31,04	123.879,81	20,94	111.515,31	18,85	129.716,70	21,93
Vegetação nativa	92.829,37	15,69	129.758,77	21,93	138.542,45	23,42	150.302,85	25,41
Total	**591.600,00**	**100**	**591.600,00**	**100**	**591.600,00**	**100**	**591.600,00**	**100**

A área de estudo está inserida em uma matriz predominantemente agrícola, com um processo constante de modificação da paisagem. O aumento de áreas de pastagem e vegetação nativa está relacionado ao abandono de áreas agrícolas, principalmente por estarem inseridas em áreas declivosas, o que dificulta a mecanização agrícola destas áreas (Rovani, 2015). Este resultado é reflexo do êxodo rural, onde muitas destas áreas foram abandonadas ou substituídas por outros usos e cobertura da terra, resultando no processo de regeneração florestal (Fig. 2).

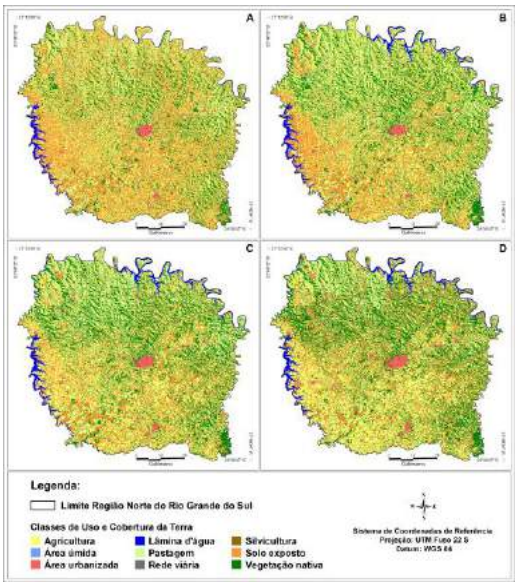


Figura 2. Uso e Cobertura da Terra na Região Norte do Rio Grande do Sul, durante os anos de: (A) 1991, (B) 2001, (C) 2011 e (D) 2016.

Para as culturas temporárias pode-se observar que as maiores produções na região estão relacionadas às culturas de soja, milho e trigo no período de 1991 a 2015 (Tab. 2). Destaca-se uma redução de 108.163 hectares do total de área cultivada durante os anos. Culturas temporárias compreendem as anuais que necessitam de um novo plantio após cada colheita (Marion, 2012).

Tabela 2. Quantificação da área cultivada das principais culturas temporárias na Região Norte do Rio Grande do Sul.

Cultura	1991		2001		2011		2015	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Arroz	2.601	0,66	693	0,21	155	0,05	33	0,01
Aveia	4.160	1,06	3.024	0,94	3.808	1,31	3.350	1,18
Cana-de-Açúcar	1.464	0,37	1.478	0,46	2.505	0,86	1.781	0,63
Cevada	2.945	0,75	13.602	4,22	3.905	1,35	4.980	1,76
Feijão	27.525	7,03	13.841	4,29	6.034	2,08	2.732	0,96
Fumo	527	0,13	468	0,15	2.094	0,72	1.461	0,52
Mandioca	2.382	0,61	1.903	0,59	1.712	0,59	1.354	0,48
Melancia	168	0,04	182	0,06	270	0,09	290	0,10
Milho	162.950	41,64	149.184	46,26	64.690	22,34	46.390	16,38
Soja	157.100	40,14	111.171	34,47	174.055	60,10	191.730	67,71
Trigo	29.510	7,54	26.940	8,35	30.370	10,49	29.068	10,27
Total	**391.332**	**100**	**322.486**	**100**	**289.598**	**100**	**283.169**	**100**

Levando em consideração os 24 anos deste estudo, é possível destacar um aumento em área cultivada para as culturas de: aveia, cana de açúcar, cevada, fumo, melancia, soja e trigo. Por sua vez, as culturas de milho, arroz, feijão e mandioca apresentaram redução em área cultivada. As culturas de milho e soja apresentam comportamentos inversos, onde a quantidade de área cultivada de milho diminuiu e a área de soja aumentou. Este cenário tornou-se evidente na região, a partir da origem do sistema plantio direto (sistema de manejo conservacionista do solo) que no sul do Brasil teve início em 1972 e sua consolidação em sistema de plantio direto mecanizado ocorreu a partir de 1992, sendo que atualmente esta prática agrícola é desenvolvida com sucesso (Casão-Junior, et al., 2008).

Quando comparadas as produções, a baixa quantidade de áreas atualmente ocupadas pelas culturas de arroz, feijão, fumo, mandioca e melancia podem estar relacionadas ao desenvolvimento da agricultura familiar e produção de subsistência, não interferindo significantemente na produção agrícola da região. As mudanças na estrutura de produção agrícola propiciaram o favorecimento de culturas para exportação, resultando na redução de produtos alimentícios básicos (Balsan, 2006).

As culturas permanentes apresentaram um aumento em área cultivada de 5.925 hectares entre os anos de 1991 a 2015 (Tab. 3). Para a região as culturas de erva-mate e laranja totalizaram os maiores percentuais de aumento em área cultivada (12,37% e 13,85% respectivamente). As demais culturas apresentaram redução em área cultivada. Culturas permanentes são caracterizadas por permanecerem no solo e proporcionarem mais de uma colheita e produção (Marion, 2012).

Tabela 3. Quantificação da área cultivada das principais culturas permanentes na Região Norte do Rio Grande do Sul.

Cultura	1991		2001		2011		2015	
	Há	%	ha	%	ha	%	ha	%
Caqui	42	0,99	80	0,78	99	0,98	93	0,92
Erva-mate	1.621	38,31	6.863	67,22	5.093	50,23	5.147	50,68
Figo	85	2,01	135	1,32	93	0,92	77	0,76
Laranja	648	15,32	1.504	14,73	2.781	27,43	2.963	29,17
Noz	76	1,80	19	0,19	32	0,32	23	0,23
Pêssego	164	3,88	355	3,48	258	2,54	222	2,19
Tangerina	414	9,78	445	4,36	655	6,46	587	5,78
Uva	1.181	27,91	809	7,92	1.129	11,13	1.044	10,28
Total	**4.231**	**100**	**10.210**	**100**	**10.140**	**100**	**10.156**	**100**

Em relação ao cultivo de erva-mate a partir de 1989 ocorreu uma redução na produção nacional, o que pode ser explicado pela exaustão ocorrida pela exploração contínua e o avanço das áreas de lavouras agrícolas sobre as matas nativas. No entanto, o aumento da demanda interna e externa do produto incentivou novos plantios comerciais (da Silva *et al.*, 2017). O aumento na produção de laranja para a região está relacionado aos incentivos agrícolas governamentais, adoção de novas atividades econômicas para pequenos produtores rurais e aumento da renda familiar. O Programa de Citricultura incentivou o plantio de citros na Região do Alto Uruguai. Esses plantios foram ocorrendo em virtude do interesse de produtores em ter mais uma atividade de renda na propriedade (da Rosa, 2010).

A pecuária da região é composta principalmente por aves, bovinos e suínos. Observou-se um aumento no número de animais em 8.772.334 cabeças (Tab. 4). A criação de bovinos apresentou aumento de 9.209 cabeças e a suinocultura um aumento de 636.792 cabeças, durante o período avaliado.

Tabela 4. Quantificação em número de cabeças das principais atividades de pecuária na Região Norte do Rio Grande do Sul.

Tipo de Rebanho	1991	2001	2011	2015
	Nº de Cabeças	Nº de Cabeças	Nº de Cabeças	Nº de Cabeças
Aves	2.908.000	5.659.832	8.039.593	11.034.333
Bovinos	256.405	260.244	268.889	265.614
Suínos	257.171	374.408	504.455	893.963
Total	**3.421.576**	**6.294.484**	**8.812.937**	**12.193.910**

A criação de aves é a principal atividade pecuária da região quando avaliado a quantidade de animais criados. Esse resultado está relacionado ao sistema de parceria de produção entre uma integradora e um produtor integrado, sendo que este modelo contribuiu para o elevado crescimento da produção de carne de frango no Brasil (Lazzari, 2004). Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) a produção brasileira de carne de frango aumentou 3,56 milhões de toneladas de 2006 a 2016, sendo que, 66% da carne de frango são destinadas ao mercado interno e 34% para exportação (ABPA, 2017).

O aumento na produção de carne suína está atrelado ao aumento do consumo interno e exportação do produto. Conforme a ABPA a produção brasileira de carne suína de 2000 a 2016 aumentou 1.175 mil toneladas. Cerca de 80% da produção de carne suína brasileira é destinada para o mercado interno e cerca de 20% para exportações. A mesma associação relata que as exportações de carne suína aumentaram 223,10 mil toneladas no período de 2004 a 2016 (ABPA, 2017).

O cenário de aumento das áreas de pastagem na Região Norte do Rio Grande do Sul comprova o aumento na bovinocultura regional e está relacionada principalmente à criação de gado de corte e leite. O desenvolvimento da pecuária na região é verificado principalmente em municípios que apresentam sua tecnologia de produção associada à monocultura e que denotam certas restrições à aplicação de seu máximo potencial produtivo, devido principalmente as acentuadas declividades e ao pequeno tamanho dos imóveis rurais (Rovani, 2015).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo mostram um aumento das áreas de vegetação nativa e pastagem e redução de área dos usos agrícolas (agricultura e solo exposto) durante o período de estudo para a região Norte do Rio Grande do Sul. As principais culturas temporárias soja e trigo apresentaram um aumento de área cultivada, no entanto, as culturas milho e feijão diminuíram suas áreas cultivadas. Para as culturas permanentes destacam-se as culturas de erva-mate e laranja com maior área cultivada na região. Por sua vez, as principais atividades de pecuária desenvolvidas na região apresentaram aumento na criação de aves, bovinos e suínos durante o período analisado.

Estes resultados mostram que as mudanças no uso e cobertura da terra influenciaram o desenvolvimento de novas práticas e manejo das diferentes culturas agrícola e da pecuária, resultando na alteração do uso e cobertura da terra. A adoção de novas políticas públicas, novos sistemas de produção agrícola, abandono de áreas, êxodo rural, produção agrícola familiar e substituição de um uso e cobertura da terra por outro, resultaram em mudanças na paisagem natural (regeneração florestal), no desenvolvimento agropecuário e na socioeconomia regional.

5. REFERÊNCIAS

ABPA, 2017. *Associação Brasileira de Proteína Animal*. 2017 Relatório Anual. 133p.

Balbino, L.C., Cordeiro, L.A.M., Porfirio-da-silva, V., Moraes, A., Martinez, G.B., Alvarenga, R.C., Kichel, A.N., Fontaneli, R.S., Santos, H.P., Franchini, J.C., Galerani, P.R., 2011. *Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil*. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.46, n.10, p. i-xii.

Balsan, R., 2006. *Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira*. Campo-território: revista de geografia agrária, v.1, n. 2, p. 123-151.

Casão Junior, R., Araújo, A.G. Llanillo, R.F., 2008. *Sistema Plantio Direto no Sul do Brasil: Fatores que promoveram a evolução do sistema e desenvolvimento de máquinas agrícolas*. Londrina: FAO/IAPAR.100p.

Fonseca, G.C., Carneiro, M.A.C., da Costa, A.R., Oliveira, G.C., Balbino, L.C., 2007. *Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo Vermelho Distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura*. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.37, n.1, p.22-30.

FEE – Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. *Feedados* 18 Ago. 2017 < http://feedados.fee.tche.br/feedados/>

Grau, H.R.; Aide, M., 2008. *Globalization and Land-Use Transitions in Latin America.* Ecology and Society 13(2): 16.

IBGE, 1998. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo agropecuário 1995-1996*. Número 22 Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro.

IBGE, 2006. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo agropecuário 2006*. Rio de Janeiro. p.1-777.

IBGE, 2012. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Segunda edição. Rio de Janeiro.

IBGE, 2013. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico de uso da terra*. Terceira edição. Rio de Janeiro.

Lazzari, M.R., 2004. *Avicultura de corte no Brasil: uma comparação entre as Regiões Sul e Centro-Oeste*. Indicadores. Econômicos. FEE, Porto Alegre, v. 31, n. 4, p. 259-290, fev. 2004.

Leite, L.F.C., Galvão, S.R.S., Neto, M.R.H., Araújo, F.S., Iwata, B.F., 2010. *Atributos químicos e estoque de carbono em latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.12, p.1273-1280.

Marion, J.C., 2012. *Contabilidade Rural*. 13ª ed. São Paulo: Atlas.

Nimer, E., 1990. "Clima." In *IBGE. Geografia do Brasil - Região Sul*. Ed. IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Rio de Janeiro. p. 151-187.

de Oliveira, T.E., 2015. *Dinâmica da produção de alimentos no Bioma Pampa*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

Parcerisas, L., Marull, J., Pino, J., Tello, E., Coll, F., Basnou, C., 2012. *Land use changes, landscape ecology and their socioeconomic driving forces in the Spanish Mediterranean coast (El Maresme Country, 1980-2005).* Environmental science e policy, v. 23, p. 120–132.

Prado, R.B., Novo, E.M.M. e Pereira, M.N., 2007. *Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica de contribuição para o Reservatório de Barra Bonita- SP*. Revista Brasileira de Cartografia 2: 127 – 136.

Politano, W., Corsini, P.C., Vasques, J.G., 1980. *Ocupação do solo no município de Jaboticabal - SP*. Científica, São Paulo, v.8, n.1/2, p.27-34.

da Rosa, C., 2010. *Levantamento de dados da área cultivada e as variedades de citros na região do Alto Uruguai - Rio Grande do Sul*. Especialista em Gestão do Agronegócio, pelo MBA em Gestão do Agronegócio.

Rovani, I.L., 2015. *Análise do Uso da Terra e Fluxo de CO2 na Região Norte do Rio Grande do Sul*. Erechim.

da Silva, M.T.S., Oliveira, G.S., Dreyer, T.C., Schneider, C.R., Soares, P.R.C., 2017. *Análise dos índices de desigualdade das exportações brasileiras de erva-mate (Ilex paraguariensis St. Hill).* Anais... VII Congresso Sul-Americano da Erva-Mate III Simpósio Internacional de Erva-Mate e Saúde I Feira de Tecnologia na Indústria Ervateira. p. 239-243, Erechim, RS.

THE WORLD BANK, 2011. *Rising Global Interest in Farmland: Can it Yield Sustainable and Equitable Benefits?* World Bank. Washington, DC.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SACAROSE NO ENRAIZAMENTO *IN VITRO* DE MORANGUEIRO CULTIVAR DOVER

Josemar Bertuzi
Lucas Felipe Bertoni
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
josemarbertuzi@yahoo.com.br
lucasberttoni@gmail.com
Rúbia de Matos Paixão
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
rubiapaixao@live.com
Maurício Pansera
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
mauriciopansera@hotmail.com
Paulo Sérgio Gomes da Rocha
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
p.sergio.r@uol.com.br
Ketlin Lolato
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
ketlinlolatto@hotmail.com

Resumo *O objetivo deste trabalho foi avaliar o enraizamento de morangueiro cultivar Dover em meio MS acrescido de diferente concentrações de sacarose. Para a condução do experimento foram utilizadas plantas com 30 dias de cultivo in vitro. As plantas foram cultivadas em meio de cultura MS acrescido por 100 mg·L^{-1} de mio-inositol e diferentes concentrações (0; 20; 30 e 60 g·L^{-1} de sacarose). O pH do meio de cultura foi ajustado para 5,8, antes da adição de 7,0 g·L-1 de ágar. As plantas inoculadas forma mantidas em ambiente com fotoperíodo de 16 horas e temperatura de 25 $\pm$ 2ºC. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento. Após 30 dias, foi avaliada a porcentagem de enraizamento, o número e comprimento das raízes. Avaliou-se também o aspecto visual das brotações cultivadas no meio de enraizamento in vitro. Para análise estatística, os dados do fator concentração de sacarose foram submetidos à análise de regressão. Para as análises estatísticas, foram adotados 5% de probabilidade de erro. Observou-se que o fator avaliado no experimento de enraizamento (concentração de sacarose) não foi significativo para as variáveis avaliadas (porcentagem de enraizamento, o número e comprimento das raízes).*

Palavra-chave: *meio de cultura MS, micropropagação, muda.*

1. INTRODUÇÃO

A cultura do morangueiro (*Fragaria* x *ananassa* Duch) apresenta grande importância econômica e social para milhares de produtores de base familiar dos Estados de SP, MG e RS. Além disso, o morango é bastante apreciado por seu aroma e sabor característico e por conter vitamina C em concentrações mais elevadas que a laranja e o limão.

Em relação as cultivares de morango, pode-se destacar Dover a qual é originada da Universidade da Flórida, EUA. Ela apresenta produtividade alta, fruto firme de boa conservação pós-colheita. Essa cultivar é adequado para mercados distantes das áreas de produção. Quanto as doenças, apresenta alta sensibilidade ao ataque de *Xanthomonas*, mas possui tolerância a fungos de solo (Embrapa, 2017).

O cultivo do morango possibilita ao produtor boa lucratividade, emprega um grande número de pessoas durante a sua condução, entretanto requerer o uso constante de tecnologia, visando o manejo das doenças, as quais podem comprometer a produção, caso não sejam eficientemente controladas no momento certo (Costa & Ventura, 2004). Sendo a muda de boa qualidade genética e fitossanitária, um dos requisitos básicos para a implantação e sucesso da atividade.

A formação de raízes adventícias nas brotações obtidas por meio da multiplicação *in vitro* permite a constituição de plantas completas para posterior transferência às condições *ex vitro* (Radmann et al., 2002). Sabe-se que as brotações de

espécies herbáceas, como por exemplo o morangueiro, formam raízes adventícias mais facilmente do que as espécies lenhosas (Grattapaglia & Machado, 1998).

Os meios de cultura para indução de enraizamento necessitam da adição de sacarose. De acordo com George (1996), para ocorrer a formação de raízes *in vitro* há necessidade de energia e carboidratos, quer sejam estas fornecidas por meio da fotossíntese ou através de uma fonte exógena adicionada ao meio de cultura.

O fornecimento de uma fonte de carbono no meio de cultura exerce influência na fisiologia da planta, diferenciação dos tecidos e, também, na indução e diferenciação de órgãos. A variação nas dosagens de sacarose influenciou claramente a produção de biomassa, tanto na parte aérea como no sistema da raiz do morangueiro cultivar Campinas. No tratamento controle (meio de cultura desprovido de sacarose) não houve formação de raiz nas brotrações cultivadas *in vitro* (Calvete et al., 2002). Dados semelhantes foram obtidos em morangueiro, batata, menta e videira por Riquelme et al. (1991), em rosa por Capellades et al. (1991) e em aspargo por Conner et al. (1992). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar o efeito da concentração de sacarose no enraizamento e qualidade da muda de morangueiro micropropagada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Cultura de Tecidos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Erechim, RS. Para o experimento foram utilizados como explantes de plantas de morangueiro (*Fragaria* x *ananassa* Duchesne), cultivar Dover. As plantas foram provenientes da fase de multiplicação e com 30 dias de cultivo *in vitro* no meio Murashige & Skoog, 1962 (meio MS) acrescido por 100 $mg \cdot L^{-1}$ de mio-inositol e 30 $g \cdot L^{-1}$ de sacarose (Figura 1).

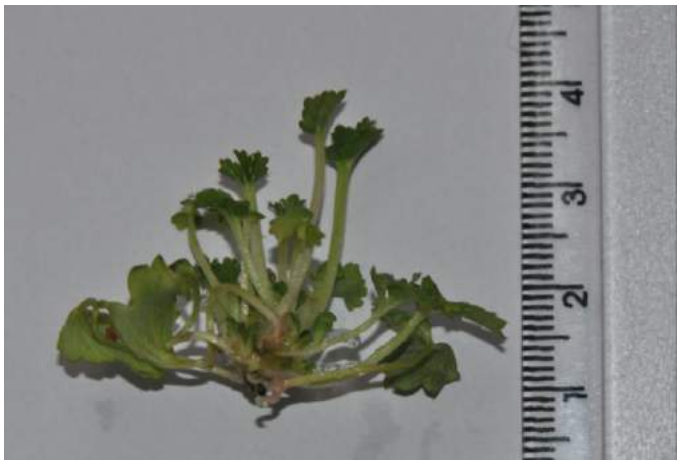


Figura 1. Aspecto das brotações de morangueiro cultivar Dover, após 30 dias de cultivo em meio de multiplicação Murashige & Skoog. URI Erechim, 2017.

O enraizamento *in vitro* dos morangueiros foi estudado cultivando-se as plantas em frascos de vidro com capacidade de 250 mL, contendo 40 mL de meio de cultura semi-sólido constituído pelos sais do meio MS acrescido por 100 $mg \cdot L^{-1}$ de mio-inositol e 30 $g \cdot L^{-1}$ de sacarose. O pH do meio de cultura foi ajustado para 5,8, antes da adição de 7,0 $g \cdot L^{-1}$ de ágar. A esterilização do meio de cultura foi realizada em autoclave vertical a 120 ºC à 1,5 atm durante 20 minutos.

As plantas provenientes do meio de multiplicação foram separadas com o auxílio de pinças e bisturi no interior da câmara de fluxo laminar. Logo após as mesmas foram inoculadas em frascos de vidro contendo o meio de cultura e em seguida transferidas para sala de cultivo com fotoperíodo de 16 h, temperatura de 25 ± 2 ºC e intensidade luminosa de 20 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento, sendo a unidade experimental constituída por um frasco de 250 mL contendo 40 mL de meio semi-sólido e com três plantas.

Após 30 dias de cultivo foram avaliadas a porcentagem de enraizamento, o número e comprimento das raízes por planta. Além disso, avaliou-se também o aspecto visual das plantas cultivadas no meio de enraizamento *in vitro*, quanto a coloração e senescência.

Para análise estatística, os dados do fator concentração de sacarose foram submetidos à análise de regressão através do programa estatístico Sanest (Zonta & Machado, 1992). Os dados relativos ao número de raízes por explante foram transformados em $(x + 0,5)^{½}$, os expressos em porcentagem foram transformados em arco seno da raiz quadrada de x/100, enquanto a variável comprimento das raízes, não foram transformados. Para as análises estatísticas, foram adotados 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se nos resultados obtidos da análise estatística que o fator avaliado no experimento de enraizamento (concentração de sacarose) não foi significativo para as variáveis avaliadas (porcentagem de enraizamento, o número e comprimento das raízes). Estes resultados diferem dos obtidos por (Calvete et al., 2002) que trabalharam com o morangueiro cultivar Campinas. A diferença observada entre os trabalhos de enraizamento *in vitro* de morangueiro pode ser atribuída a cultivar. Pois, cada cultivar possui características genéticas próprias, e consequentemente, níveis de exigências diferentes.

Embora a análise estatística não tenha evidenciado diferença significativa para as variáveis avaliadas, quando se observa visualmente o aspecto das plantas de morangueiro enraizadas no meio de cultura sem a adição de sacarose (tratamento controle), percebe-se que as plantas exibiam um aspecto amarelado das folhas e pecíolos, característico de que elas entraram em processo de senescência. A senescência observada nas plantas cultivadas em meio sem sacarose possivelmente tenha sido desencadeada pela da mobilização de nutrientes presentes na folha, os quais provavelmente tenham sido drenados para a formação e crescimento de raízes das plantas do morangueiro (Figura 2). Adicionalmente, senescência não foi observada nas plantas cultivadas no meio de cultura acrescido de sacarose.

Figura 2. Aspecto das brotações de morangueiro cultivar Dover cultivadas em meio de cultura Murashige & Skoog acrescido de diferentes concentrações (0; 20; 30 e 60 mg L^{-1} de sacarose), após 30 dias de cultivo *in vitro*. URI Erechim, 2017.

4. CONCLUSÃO

Para as condições utilizadas no presente trabalho de indução de enraizamento, pode-se afirmar que:

- As brotações de morangueiro cultivar Dover entram em senescência e morrem quando não é adicionado sacarose no meio de enraizamento;
- A adição de sacarose no meio de indução de enraizamento *in vitro* é indispensável para a obtenção de mudas de morangueiro de alta qualidade.

5. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela apresentação deste artigo.

6. REFERÊNCIAS

CALVETE, E.O.; KÄMPF ,A.N.; SUZIN, M. Concentração de sacarose no enraizamento *in vitro* de morangueiro.Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n. 2, p. 186-191, 2002.

CAPELLADES, M.; LEMEUR, R.; DEBERGH, P. Effects of sucrose on starch acumulation and rate of photosyntesis in Rosa cultured in vitro. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, v. 25, n. 1, p. 21-26, 1991.

CONNER, A.J.; ABERNETHY, D.J; FALLOON, P.G. Importance of *in vitro* storage root development for the successfull of micropropagated asparagus plants to greenhouse conditions. HortScience, v. 20, n. 4, p. 477-481, 1992.

COSTA, H; VENTURA, J.A. Doenças do morangueiro: diagnóstico e manejo. In: BALBINO, J.M.S. Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiro. Vitória: Incaper, 2004. p. 39-56.

DORION, N.; KADRI, M; BIGOT, C. *In vitro* preservation at low temperature of rose plantlets usable for diret acclimatization. Acta Horticulturae, n. 298, p. 335-343, 1991.

EMBRAPA, 2017. Sistema de Produção de Morango para Mesa na Região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste. 25 Jun. 2017 < https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MesaSerraGaucha/cultivares.htm>.

GEORGE, E.F. Plant Propagation by Tissue Culture. 2. Ed., Reading: Exegetics, 1996. 1361p. Part 2: In Practice.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. Micropropagação. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília: Embrapa – SPI / Embrapa – CNPH, 1998. v.1, p.183–260.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and biossay with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, Copenhagen, v.15, p.473-497, 1962.

RADMANN, E. B.; FACHINELLO, J. C.; PETERS, J.A. Efeito de auxinas e condições de cultivo no enraizamento *in vitro* de porta-enxertos de macieira 'M-9'. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.24, n.3, p.624-628, 2002.

RIQUELME, C.; GUIÑAZU, M.E.; TIZIO, R. Pre-acondicionamento y aclimataccion em condicciones de invernáculo de plântulas micropropagadas de frutilla, menta, papa y vid. Phyton, v. 52, n. 1, p. 73-82, 1991.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. SANEST – Sistema de análise estatística para microcomputadores. Manual do usuário. Pelotas: UFPel, 1992. 102p.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PRODUÇÃO DE MATÉRIA VERDE E MATÉRIA SECA DA AVEIA PRETA CONSORCIADA COM A ERVILHACA SOB DIFERENTES ADUBAÇÕES DE BASE

Josieli Fátima Vesoloski
Luciane Maria Ziger Witoslawski
Amito José Teixeira
Tailan Ogimbovski
Enéias Woidyla
Ariel Bandiera
Murilo João Ramos
Elias Cara Zen
Matheus Luis Zulian
Mauricío Berton

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

E-mails: josy_vesoloski@hotmail.com, luci_ziger@hotmail.com, amito@uricer.edu.br, tailanogimbovski@gmail.com, ewoidyla@gmail.com, arielbandiera@gmail.com, murilojoaoramos@gmail.com, eliascarrazen@hotmail.com, matheus-luis@hotmail.com, mauricioberton@hotmail.com

Resumo:: *O experimento teve como principal objetivo avaliar a* produção de matéria verde e matéria seca da gramínea aveia preta *(Avena strigosa Schreb.),* consorciada com a leguminosa ervilhaca *(Vicia sativa L.)* sob diferentes adubações de base. *O delineamento foi o inteiramente casualizado, com oito tratamentos e três repetições. Utilizou-se 50 kg/ha^{-1} de aveia preta comum e 40 kg/ha^{-1} de ervilhaca comum na consorciação e 104 kg/ha^{-1} de aveia preta no plantio solteiro. Foram implantadas 8 parcelas com três repetições, utilizou-se 250 kg ha $^{-1}$ de NPK da fórmula 5-20-20, 2 T ha^{-1} de fertilizante orgânico granulado (Ferticel classe A), 3 T ha^{-1} de cama de aviário (retirada do quarto lote). O corte foi realizado quando as plantas estavam com aproximadamente 30 cm, com auxílio de uma tesoura manual, em um quadrado de 40 cm x 40 cm, procurou-se deixar um resíduo de aproximadamente 10 cm. Decorreu-se então a determinação da matéria verde em 0,16 m^2, após foi pesado em torno de 30g de cada material e deixou-se na estufa a 60°C por 24 horas e após a 105°C por mais 2 horas para a determinação da matéria seca, posteriormente efetuou-se a pesagem do material. Por fim observou-se que a produção de MV e MS foi melhor no tratamento 8 onde havia a consorciação juntamente com a aplicação de cama de aviário porém não mostrou resultados tão bons com o plantio solteiro da aveia preta, o tratamento 5 também apresentou bons resultados.*

Palavras chaves: *Gramínea, leguminosa, matéria verde, matéria seca*

1. INTRODUÇÃO

Plantas forrageiras anuais de inverno são muito utilizadas no estado do Rio Grande do Sul. Constituem uma fonte importante de alimento para herbívoros. Nas estações frias do ano a disponibilidade de pastagens diminuem decorrente principalmente do clima, sendo necessária a implantação da mesma com uma boa adubação para garantir assim uma melhor produção de carne, leite e afins, com qualidade e baixo custo.

A adubação de base visa corrigir ou melhorar teores de nutrientes no solo que apresentam-se deficientes ou em baixos níveis, com objetivo de viabilizar um melhor e mais rápido estabelecimento da cultura, aumentando assim a disponibilidade de alimento para o animais, contribuindo também em uma melhor produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS).

A implantação da pastagem pode ser em forma de consórcio, que nada mais é que, consorciar duas culturas diferentes, gramíneas e leguminosas, em uma mesma área, visando o aumento da produção, maior qualidade do alimento, maior rendimento e oferta de alimento, enriquecimento da vida biológica do solo e proteção do mesmo contra a sua degradação. As leguminosas forrageiras tropicais têm muito a contribuir, com a sua capacidade de fixação simbiótica do nitrogênio com as bactérias do gênero *(Brady) Rhizobium*, conferindo a ela uma grande importância, pela capacidade da fixação do N que é muito importante para o sistema agrícola e pastoril (Paixão, 2015).

Para Fonseca & Martuscello (2010), consorciar gramíneas com leguminosas como a ervilhaca, faz com que essas espécies cumprem o papel de qualificadoras da dieta do animal em termos de proteína e, também, no suprimento de cálcio, que, no caso da aveia, pode não atender às necessidades de vacas leiteiras em produção ou animais jovens em crescimento.

A aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) caracteriza-se por crescimento vigoroso e tolerância à acidez nociva do solo, causada pela presença de alumínio. É a forrageira anual de inverno mais usada para pastejo no inverno, no Sul do Brasil. É espécie mais precoce do que a maioria dos cereais de inverno. A aveia preta presta-se para consorciação com espécies como azevém, centeio, ervilha-forrageira, ervilhacas, serradela, trevo branco, trevo vermelho, trevo vesiculoso e trevo subterrâneo (Fontaneli et al, 2012).

Seis a oito semanas após a emergência, as plantas de aveia preta estarão com 25 a 30 cm de altura cortando-se a amostra de 5 a 7 cm acima da superfície do solo, deve-se obter de 0,6 a 1,0 kg de forragem verde m^2, ou seja, cerca de 700 a 1.500 kg ha-1 de massa seca acumulada (kg MS ha-1), (Fontaneli et al, 2012).

Segundo Fontaneli et al (2012), a ervilhaca (*Vicia sativa* L.) é a leguminosa mais utilizada no Rio Grande do Sul, onde encontra boa adaptação, apresenta boa capacidade de rebrote. A forragem constitui importante alimento pois possui uma boa quantidade de proteína principalmente nas folhas. Quando consorciada com gramíneas tem hábito de crescimento trepador e produz mais biomassa que em cultivo solteiro. A ervilhaca pode produzir até 4,0 t MS ha^{-1}.

O teor de matéria seca dos alimentos é um conceito simples e que pode ter grande impacto nutricional na dieta que está sendo ofertada aos animais. Mas exatamente por se tratar de um conceito simples, sua importância é frequentemente relegada a um segundo plano, o que pode levar a decréscimos na produtividade e sanidade, particularmente em rebanhos de alta produção e em lotes alimentados com dietas de baixa proporção de fibra (Almeida, 2006).

O objetivo do trabalho foi avaliar a matéria verde e a matéria seca da consorciação da aveia preta e da ervilhaca sob diferentes adubações de base.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma propriedade localizada na Linha Uma Secção Paiol Grande, município de Barão de Cotegipe (RS).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com parcelas de $4m^2$, sendo formado por 8 tratamento e 3 repetições. Os tratamentos testados foram os seguintes: T1 – testemunha (aveia), T2 – testemunha (aveia + ervilhaca), T3 – aveia + fertilizante orgânico (2 t ha^{-1}), T4 - aveia + ervilhaca + fertilizante orgânico (2 t ha^{-1}), T5 – aveia + 250 kg ha^{-1}, T6 - aveia + ervilhaca + 250 kg ha^{-1}, T7 – aveia + cama de aviário (3 t ha^{-1}), T8 - aveia + ervilhaca + cama de aviário (3 t ha^{-1}). Utilizou-se 104 kg ha^{-1} na semeadura da aveia solteira, 50 kg ha^{-1} de aveia na semeadura consorciada e 40 kg ha^{-1} de ervilhaca consorciada.

A adubação química utilizada no experimento foi da fórmula 5-20-20, com aplicação citada no parágrafo anterior, suprindo assim as exigências nutricionais das culturas. A semeadura foi realizada à lanço no dia 04 de abril de 2017 juntamente com a adubação de base aplicada à lanço.

O corte foi feito com uma tesoura manual utilizando um quadrado de 40 cm x 40 cm, quando as plantas atingiram aproximadamente 30 cm de altura, deixando-se cerca de 10 cm de resíduo. Realizou-se a determinação da produção de matéria verde numa área de 0,16 m^2 extrapolando-se essa produção para hectare. Posteriormente efetuou-se a determinação da matéria seca, em uma amostra de 30g, deixada em estufa na temperatura de 60°C por 24 horas e por mais 2 horas a 105°C. A determinação da matéria seca foi realizada no laboratório de botânica de campus II da URI.

Os valores de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) obtidos em 0,16 m^2 foram extrapolados para 1 ha^{-1}. A análise estatística foi efetuada pelo Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores (Assistat 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de a produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) estão apresentados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Matéria verde (MV) e matéria seca (MS) da aveia preta consorciada com a ervilhaca sob diferentes adubações de base.

TRATAMENTOS	MV Kg ha^{-1}	MS Kg ha^{-1}
1	4375,00 ^{f}	544.33^{e}
2	12500.00^{d}	1333.00^{c}
3	11770.67^{d}	1759.55^{ab}
4	8333.33^{e}	1049.45^{d}
5	14895.83^{b}	1826.27^{a}
6	15030.80^{b}	1575.33^{abc}
7	13229.17^{cd}	1542.06^{bc}
8	17500.00^{a}	1642.15^{ab}
CV%	**4.70**	**6.36**

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado teste de Tukey ao nível de 5% de erro.

O tratamento 8 - aveia + ervilhaca + cama de aviário (3 t ha^{-1}) diferiu significativamente dos demais na produção de MV. Os tratamentos T5 – aveia + 250 kg ha^{-1} e T6 - aveia + ervilhaca + 250 kg ha^{-1} alcançaram boas produções de MV, porém inferiores ao tratamento com aveia + ervilhaca + cama de aviário (3 t ha^{-1}). As piores médias de MV foram obtidas no tratamento testemunha 1. Para a variável resposta MS os tratamentos que se destacaram foram o 5 com aveia + 250 kg ha^{-1}, o 3 com aveia + fertilizante orgânico (2 t ha^{-1}) o 8 aveia + ervilhaca + cama de aviário (3 t ha^{-1}) e o 6 com aveia + ervilhaca + 250 kg ha^{-1} que não diferiram significativamente entre si.

Para matéria verde, onde havia adubação de base com cama de aviário e somente a semeadura solteira da aveia não se obteve bons resultados como no tratamento onde a ervilhaca estava presente (T8), então pode-se inferir que a ervilhaca contribui significativamente para o aumento da produtividade por área.

O tratamento que apresentou melhor valor em relação matéria verde e seca foi o tratamento 5 com aveia + 250 kg ha^{-1} de adubação de base.

O tratamento testemunha que apresentou valores relativamente menores comparados com os demais tratamentos que receberam adubação, foi o tratamento 1, o que comprova que a utilização da mesma traz resultados nas pastagens. Observou-se que de fato a consorciação das gramíneas com leguminosas confere benefícios principalmente quanto a produção de matéria verde. Segundo Monegat (1981), a ervilhaca comum oferece material abundante para cobertura que, aos poucos, se incorpora ao solo, se decompõe e libera nutrientes para os cultivos de sucessão. No entanto, a maior contribuição da ervilhaca é para a melhoria da fertilidade do solo, através do suprimento de nitrogênio pela fixação simbiótica. De acordo com Heinrichs & Fancelli (1999) o consórcio entre aveia preta e a ervilhaca comum é uma boa estratégia para o aumento da produção de massa.

Giacomini et al., (2000) avaliando a produção de matéria seca da aveia preta e da ervilhaca cultivadas de forma isolada e em consórcios em diferentes proporções, verificaram que a maior produção de matéria seca foi da aveia preta com 4211 kg/ha no tratamento em que continha 100% de aveia, superando o tratamento que continha 100% de ervilhaca que obteve 2881 kg/ha. O consórcio que apresentou maior produção de matéria seca foi o que continha 45% de aveia preta e 55% de ervilhaca comum onde o seu rendimento foi de 3754 kg/ha.

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir através dos resultados apresentados que a consorciação da aveia preta com a ervilhaca contribui consideravelmente para o aumento da matéria verde e matéria seca.

A adubação de base para as pastagens é de grande importância para o melhor desenvolvimento e produção das culturas.

As maiores quantidades de MV e MS no tratamento onde havia ervilhaca e a cama de aviário, pode tornar o sistema ainda mais barato ao produtor, devido a aplicação da cama de aviário ter sido realizada em apenas uma única vez.

Além da aveia e ervilhaca serem importantes fontes de nutrientes na alimentação dos animais, são utilizadas como culturas de cobertura do solo.

O fator adubação é muito importante na implantação de pastagens pois traz muitos benefícios não só para a cultura, mas também para o solo, melhorando a eficiência da cultura sucessora.

Entre a utilização de adubação química e orgânica o que realmente vai ser o balizador para o produtor é a questão econômica, a viabilidade de se utilizar um ou outro e principalmente na adubação orgânica a disponibilidade desse produto mais próximo da propriedade.

5. REFERÊNCIAS

da Fonseca, D.M.; Martuscello, J.A. Plantas Forrageiras. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010.

Fontaneli, R.S.; Dos Santos, H.P.; Fontaneli, R.S. Forrageiras para Integração Lavoura – Pecuária – Floresta. Embrapa, DF 2012, 2° edição. Disponível em:<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/119972/1/LV2012forrageirasparaintegracaoFontaneli.pdf >. Acesso em 23 de junho de 2017.

Giacomini, Sandro J.; Aita, Celso; Rheinheimer, Danilo dos S. et al. Consorciação de plantas de cobertura: I. Produção e composição da fitomassa. Santa Maria, RS, 2000.

Heinrichs, Reges; Fancelli, Antonio L. Influência do cultivo consorciado de aveia preta (Avena strigosa Schieb.) e ervilhaca comum (Vicia sativa L.) na produção de fitomassa e no aporte de nitrogênio. Scientia Agricola, v. 56, n. 1, p. 27-32, 1999.

Monegat, C. A ervilhaca e o cultivo mínimo. Chapecó: ACARESC, 1981. 24p.

Paixão, T.R. Consórcio de gramíneas e leguminosas forrageiras em pastagens. Zootec 2004, Brasília DF. Disponível em:http://zootecniaativa.com/author/tarcisio. Acesso em 21 de junho de 2017

6. RESPONSIBILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

RESPOSTA DO AZEVÉM ECLIPSE SUBMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

Junior Grzybowski
Silvio Antonio Osowski
César Valdir Ronsoni
Maike Patrik Mosna
Thiago Zago Bonafin
Mauricio Valentini Semense
Dilvan Samuel Do Nascimento
Joice Zuanazzi Benetti
Tairine Ruffato
Douglas Cibulski
Amito José Teixeira

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

Emails: *giboskyjunior@hotmail.com, silvioosowski@gmail.com, cesarronsoni@hotmail.com, maikimosna81@gmail.com, thiago2bonafin@gmail.com, mauricio.semense@hotmail.com, dilvansn@hotmail.com, bi_benetti@hotmail.com, vonepollo@hotmail.com, jaksonmay@hotmail.com, douglas_cibulski@hotmail.com, amito@uricer.edu.br*

Resumo: *Uma das principais ferramentas no manejo das pastagens para obter altas produtividades é o uso de fertilizantes nitrogenados. A ureia é o fertilizante nitrogenado mais usado no Brasil por apresentar boa combinação entre eficiência agronômica e preço em relação aos demais adubos nitrogenados. No entanto, o uso de ureia como fonte de N pode ocasionar elevadas perdas do nutriente. A utilização de fertilizantes estabilizados com adição de polímeros inibidores da atividade da enzima urease e, ou, da nitrificação do amônio, à ureia, pode elevar a eficiência da adubação nitrogenada, promovendo maiores rendimentos de pastagem. Inibidores de urease são compostos adicionados à ureia com a finalidade de diminuir a atividade da enzima urease, com impacto negativo sobre a hidrólise da ureia, diminuindo as perdas por volatilização de amônia e aumentando o aproveitamento de N pelas plantas. A ureia com inibidor de urease retarda os picos de volatilização de NH3, em relação à ureia convencional. Os fertilizantes das formulações Polyblen® possuem revestimento dos grânulos dos nutrientes com polímeros orgânicos e enxofre elementar. O azevém eclipse apresenta ciclo mais longo suprindo a falta de pasto no período de saída de inverno/entrada do verão, período crítico para a maioria dos produtores, além de outros benefícios como pastagem com maior qualidade e pela elevada capacidade de carga.* Os objetivos do trabalho foram: *- avaliar o rendimento de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) no segundo corte do azevém Eclipse submetido a diferentes tipos de adubação nitrogenada aplicados após o primeiro corte. Os tratamentos avaliados, aplicados em cobertura 45 dias após a semeadura, foram os seguintes: T1 – Testemunha, T2 - 100 kg ha-1 de Super N 45 e T3 - 20 kg ha^{-1} de Polyblen®. Verificou-se diferenças significativas (P < 0,05) entre os tratamentos para a produção de MV e MS, sendo que o resultado da aplicação de 100 kg ha^{-1} de Super N 45 foi significativamente superior aos tratamentos com 20 kg ha^{-1} de Poyblen e o tratamento testemunha.* Nas condições em que foi realizado o experimento, os resultados obtidos permitem concluir que: *- O Nitrogênio é essencial ao crescimento das plantas e produção de matéria verde e seca do Azevém Eclipse. - A aplicação de 100 kg ha^{-1} de SuperN 45gerou a maior produtividade de MV e MS do Azevém Eclipse.*

Palavras-Chave: *Gramínea, pastagem, forragicultura.*

1. INTRODUÇÃO

O N é o nutriente que proporciona os maiores efeitos nos componentes do rendimento e na produtividade das pastagens, influenciando diversas características do crescimento e desenvolvimento (COBUCCI, 1991). Desta forma, uma das principais ferramentas no manejo das pastagens para obter altas produtividades é o uso de fertilizantes nitrogenados. O N é o nutriente de manejo e recomendação mais complexos, em virtude da multiplicidade de reações químicas e biológicas a que está sujeito e de sua grande dependência das condições edafoclimáticas para absorção pela planta (Cantarella & Duarte, 2004). Apenas uma parte do N mineral aplicado é absorvido pelas plantas. O restante é perdido do sistema solo-planta-atmosfera por processos de lixiviação, volatilização, erosão e desnitrificação, tendo ainda uma fração que permanece no solo na forma orgânica (Vargas, 2010).

A lixiviação consiste no movimento vertical de íons ou de moléculas no perfil do solo para profundidades abaixo daquelas exploradas pelas raízes. Ela é a reação mais importante que ocorre com o N em áreas com alta precipitação pluvial, principalmente nos solos de países de clima tropical (ERNANI, 2008). Levando em consideração o potencial de perdas do N por lixiviação de NO_3^- em solos agrícolas, Bayer & Fontoura (2006) recomendaram que a maior parte da aplicação do fertilizante nitrogenado seja feita em cobertura, num período imediatamente anterior ao de maior demanda das culturas pelo N. A fração do N amoniacal (NH+ 4) está sujeita a perdas por volatilização da amônia, que é influenciada pela umidade do solo no momento da aplicação do fertilizante, pelo tipo de solo, pela fonte de N empregada e pelo manejo do adubo nitrogenado (Bayer & Fontoura, 2006).

A ureia é o fertilizante nitrogenado mais usado no Brasil por apresentar boa combinação entre eficiência agronômica e preço em relação aos demais adubos nitrogenados. No entanto, o uso de ureia como fonte de N pode ocasionar elevadas perdas do nutriente, principalmente se aplicada em cobertura sem incorporação (www.sbicafe.ufv.br, 2017).

A utilização de fertilizantes estabilizados com adição de polímeros inibidores da atividade da enzima urease e, ou, da nitrificação do amônio, à ureia, pode elevar a eficiência da adubação nitrogenada, promovendo maiores rendimentos de pastagem. Inibidores de urease são compostos adicionados à ureia com a finalidade de diminuir a atividade da enzima urease, com impacto negativo sobre a hidrólise da ureia, diminuindo as perdas por volatilização de amônia e aumentando o aproveitamento de N pelas plantas. A ureia com inibidor de urease retarda os picos de volatilização de NH_3, em relação à ureia convencional (Tasca, 2009).

Os fertilizantes das formulações Polyblen® possuem revestimento dos grânulos dos nutrientes com polímeros orgânicos e enxofre elementar. São produtos de liberação gradual, de 5 a 6 meses de liberação dos nutrientes. Com isso, obtém-se economia nas operações de aplicação dos insumos no decorrer do período de adubação e também é favorecida uma vez que apenas uma aplicação com fontes de N-P-K-S garante a liberação dos nutrientes no período de 5 a 6 meses. Esses fertilizantes apresentam elevada eficiência agronômica, inclusive utilizando-se menores doses de nutrientes quando comparadas às dos fertilizantes convencionais (www.sbicafe.ufv.br, 2017)

As gramíneas anuais de inverno representam a principal fonte de alimento volumoso para a bovinocultura de corte e leite no Rio Grande do Sul.

O azevém *(Lolium multiflorum*) foi introduzido no Brasil por colonizadores italianos, provavelmente no Estado do Rio Grande do Sul, por volta de 1865. Trata-se da gramínea forrageira anual de estação fria com maior produção de forragem verde (Santos et al., 2002). Apresenta características como boa palatabilidade, tolerância à umidade excessiva e ao pisoteio, alta produtividade e alto valor nutritivo é uma das mais utilizadas no Sul do Brasil. Principalmente pela sua alta tolerância ao pisoteio, o período de pastejo pode se estender por até cinco meses (Carambula, 1977). Segundo Dias et al. (2001), é uma espécie de alta versatilidade, apresentando diferentes formas de utilização, podendo ter fins no melhoramento de campo natural, ou constituindo pastagens, em cultivo solteiro ou consorciado. As características citadas demonstram as razões pelas quais o azevém se disseminou pelo Rio Grande do Sul.

Dentre as qualidades básicas que uma boa forragem deve apresentar é a resistência ao frio (Rodrigues, 1986); além disso, é importante identificar germoplasmas com melhor produtividade de forragem nos meses de temperaturas mais baixas, período de escassez da mesma, uma vez que a maioria das populações de azevém brasileiras têm se caracterizado por possuir produção tardia, alcançando maiores rendimentos a partir do mês de setembro (Carambula, 1977).

Na região do Alto Uruguai Gaúcho o azevém, se constitui numa excelente alternativa como espécie forrageira cultivada para a estação fria e responsáveis por grande parte da produção leiteira regional. Nos últimos anos, tem surgido no mercado regional, novos cultivares, principalmente de azevém, com o intuito de proporcionar maior produção e longevidade da pastagem, em relação ao azevém. Comum. Contudo, essas forrageiras necessitam de significativas doses de Nitrogênio (N) para seu crescimento e garantir maior tempo de pastejo aos animais.

O azevém eclipse apresenta ciclo mais longo suprindo a falta de pasto no período de saída de inverno/entrada do verão, período crítico para a maioria dos produtores, além de outros benefícios como pastagem com maior qualidade e pela elevada capacidade de carga (www.clickriomafra.com.br, 2017).

Os objetivos do trabalho foram de avaliar o rendimento de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) no segundo corte do azevém Eclipse submetido a diferentes tipos de adubação nitrogenada aplicados após o primeiro corte.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O solo da área do experimento é classificado como Latossolo Vermelho aluminoférrico húmico que vem sendo cultivado desde 2003 com culturas anuais de grãos sob sistema plantio direto. A área localiza-se no Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim-RS. Coordenadas geográficas referentes ao local do experimento 27º36'37,60" S e 52º13'34,51" O.

O experimento foi conduzido em condições de campo e a área do experimento recebeu 250 kg ha $^{-1}$ de adubação química de base da fórmula 5 20 20. A semeadura foi manual, utilizando-se 30 kg ha^{-1} de sementes de azevém Eclipse, tendo sido realizada no dia 03 de maio de 2017.

Com a área do experimento estabelecida, quando as plantas de azevém estavam com altura de aproximadamente 30 cm, fez-se um corte (em todas as parcelas dos tratamentos), com tesoura manual, sendo que após cada corte aplicou-se, os tratamentos.

Os tratamentos avaliados, aplicados em cobertura 45 dias após a semeadura, foram os seguintes: T1 – Testemunha, T2 - 100 kg ha^{-1} de Super N 45 e T3 - 20 kg ha^{-1} de Polyblen®.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram de 4 m² (2x 2 m). As variáveis avaliadas foram produção de biomassa verde e biomassa seca no segundo corte, que foi realizado 30 dias após a aplicação dos tratamentos.

O corte da forragem ocorreu com altura entre 25 e 30 cm, deixando-se resíduo de 7 cm, conforme proposto por Salarno e Tcacenco, (1986) apud Fontaneli et al, 2009). Os rendimentos de MV e MS foram quantificados através da pesagem em balança eletrônica.

O material analisado foi obtido pelo corte manual de três amostragens aleatórias por parcela, com área útil de 1 m². As plantas recolhidas de cada parcela foram pesadas e após foram submetidas à secagem em estufa a 55 °C por 48 horas e 105 °C por duas horas, para determinação da matéria seca. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro com a utilização do programa estatístico Assistat (2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções estabelecidas para a variável matéria verde (MV) foram obtidas através da coleta do material de 1 m^2 do centro de cada parcela. Assim, verificou-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos para a produção de MV (Tabela 1), sendo que o resultado da aplicação de 100 kg ha^{-1} de Super. N 45 foi significativamente superior aos tratamentos com 20 kg ha^{-1} de Polyblen® e o tratamento testemunha.

Tabela 1 – Resultados do teste de análise múltipla de médias para a Matéria Verde (MV) do azevém Eclipse através do teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tratamentos	**Matéria Verde (MV)**	**Matéria Seca (MS)**
	Kg.ha^{-1}	**Kg.ha^{-1}**
T1 - Testemunha	4950,87 c	1097,33 c
T2 - 100 kg ha^{-1} de SuperN 45	9578,89 a	2203,14 a
T3 - 20 kg ha^{-1} de Polyblen	8367,77 b	1757,23 b
CV (%)	**4,57**	**4,92**

As médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

As produções estabelecidas para a variável matéria seca (MS) também foram obtidas através da coleta do material de 1 m^2 do centro de cada parcela. Assim, verificou-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos para a produção de MS do azevém Eclipse, sendo que o resultado da aplicação de 100 kg ha^{-1} de Super N 45 (Tabela 1) foi significativamente superior aos tratamentos com 20 kg ha^{-1} de Poyblen® e o tratamento testemunha.

A produção da forragem aumenta com o uso de adubação nitrogenada, dentro de certos limites e, consequentemente, aumenta a capacidade de suporte da pastagem (Alvim et al., 1989).

Os resultados do trabalho confirmam que a aplicação de nitrogênio aumenta a produção de matéria verde e seca. O azevém (*Lolium multiflorum Lam*) é originário da região mediterrânea (Europa, Ásia, Norte da África). É uma gramínea anual, rústica e agressiva que produz muitos perfilhos. O azevém é adaptado a temperaturas baixas, solos férteis, mas pode proporcionar produções relativamente altas, em solos bem manejados, úmidos, argilosos e com bom teor de matéria orgânica, resistindo bem à umidade excessiva e à acidez do solo. O rendimento é de 7 a 9 t de matéria seca ha ano^{-1} ou 40 a 50 t de matéria verde ha ano^{-1} (MONTEIRO et al., 1996).

Goral et al (2013) alcançaram produções de 26869 kg ha^{-1} de MV e 5123 kg ha^{-1} em quatro cortes com a aplicação de 30 kg de N ha^{-1}.

4. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento, os resultados obtidos permitem concluir que o nitrogênio é essencial ao crescimento das plantas e produção de matéria verde e seca do Azevém Eclipse. A aplicação de 100 kg ha^{-1} de SuperN 45 promoveu a maior produtividade de MV e MS do Azevém Eclipse.

5. REFERÊNCIAS

Assistat Versão 7.6 betas (2011). Disponível em <http://www.assistat.com> Por Francisco de A. S. e Silva DEAG-CTRN-UFCG. Download em 05 de julho de 2017.

Dia de campo discute implantação e manejo de pastagens. Disponível em http://www.clickriomafra.com.br/portal/noticias/itaiopolis/?p=4928. Acesso em 23 de agosto de 2017.

Dias, J. C. A.; Gomes, J. F.; Infeld, J. A. Avaliação de genótipos de azevém anual em solos hidromórficos. Brasília: Embrapa Clima Temperado, 2001. (Comunicado Técnico, 42).

Carambula, M. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevidéu: Hemisferio Sur, 1977. 476p.

Santos, H. P. dos; FontaNELI, R. S.; Baier, A. C.; Tomm, G. O. Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas Regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 142p.

Rodrigues, L. R. de A. Espécies forrageiras para pastagens: gramíneas. In: PEIXOTO, M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. de. Congresso Brasileiro de Pastagens, 8. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1986. p 375-387.

Goral, A. L.; Lugoch, M. L.; Dalcin, V.; Güths, F. L. V.; Szareski, V. J.; Caraffa, M. Desempenho forrageiro de cultivares de aveia e azevém com duas doses de adubação nitrogenada nas condições de clima e solo de Giruá, RS, 2012.

XXXIII Reunião da Comissão Brasileira de pesquisa de aveia 2 a 4 de abril de 2013. Pelotas, RS. Disponível em: http://cgfufpel.org/aveia/trabalhos/92.pdf. Acesso em 19 de agosto de 2017.

Monteiro, A. L. G. et al. Forragicultura no Paraná. Londrina, 1996. 291 p.

Bayer C., Fontoura S.M.V. Dinâmica do nitrogênio no solo, pré- culturas e o manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho em plantio direto. In: Fontoura SMV, Bayer C, editores. Manejo e fertilidade de solos em plantio direto. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária; 2006.

Cantarella H. Fontes de nitrogênio. In: Novais R.F., Alvarez V.V.H., Barros N.F., Fontes R.L.F., Cantarutti R.B., Neves J.C.L., editores. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo: 2007. p.416-49.

CobuccI T. Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão [tese]. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 1991.

Vargas V.P. Manejo da adubação nitrogenada na recuperação de estresses em milho [dissertação]. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2010.

Tasca F.A. Volatilização de amônia a partir da aplicação de duas fontes de nitrogênio, em laboratório [dissertação]. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2009.

Alvim, M.J.; Takao, L.C.; Yamaguchi, L.C.T.; Verneque, R.da S.; Botrel, M.A.; Carvalho, J. de C. Efeito da aplicação de nitrogênio em pastagens de azevém sobre a produção de leite. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v.18, n.1, p.21-31, 1989.

6. RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PRODUTIVIDADE DA AVEIA PRETA COMUM E AVEIA UCRANIANA COM DIFERENTES DOSES DE NPK E CAMA DE AVIÁRIO

Ketlin Lolatto
Alessandro Vinícius Colussi
Amito José Teixeira
Antonio Sergio do Amaral
Jardes Bragagnolo
Paulo Sérgio Gomes da Rocha
Raquel Paula Lorensi

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

E-mails: ketlinlolatto@hotmail.com; alessandro_colussi@hotmail.com; amito@uricer.edu.br; asamaral@uricer.edu.br; jardes@uricer.edu.br; rocha@uricer.edu.br; raquelorensi@uricer.edu.br.

Abstract. *O trabalho contemplou avaliar a produtividade de massa seca e massa verde e tempo de rebrote da Aveia Preta e Aveia Ucraniana, com diferentes doses de NPK e adubo cama de aviário. O experimento foi realizado em propriedade particular, em uma área experimental na propriedade do senhor Ivonei Lolatto, localizada em Benjamin Constant do Sul, RS. Os resultados alcançados no experimento foram orientados utilizando delineamento experimental inteiramente casualizado. Foram utilizados 10 tratamentos, sendo T1 - AVEIA PRETA COMUM: Testemunha, T2 - AVEIA UCRANIANA: Testemunha,T3 - AVEIA PRETA COMUM: 150 kg NPK, T4 - AVEIA UCRANIANA: 150kg NPK, T5 - AVEIA PRETA COMUM: 300kg NPK, T6 - AVEIA UCRANIANA: 300kg NPK, T7 - AVEIA PRETA COMUM: 2,5 t Cama de Aviário, T8 - AVEIA UCRANIANA: 2,5 t Cama de Aviário, T9 - AVEIA PRETA COMUM: 5 t Cama de Aviário e T10 - AVEIA UCRANIANA: 5 t Cama de Aviário, com 3 repetições por tratamento. Após foram realizadas as análises para determinar a quantidade de matéria verde e matéria seca. Verificou-se que a aveia ucraniana com 300kg NPK e 5 t de cama de aviário apresentou os melhores resultados tanto para matéria verde como para matéria seca, demonstrando que dependendo da disponibilidade e preço da cama de aviário, além de contribuir com a diminuição dos gastos, o uso do fertilizante orgânico aumenta a produtividade e é uma opção ecologicamente sustentável.*
PALAVRAS-CHAVE: Pastagem, adubação, forrageiras

1. INTRODUÇÃO

A aveia é uma gramínea anual pertencente à família *Poaceae*, tribo *Aveneae* e gênero *Avena*, tem importante papel no sistema de produção de grãos, principalmente no sul do Brasil, uma excelente alternativa para o cultivo de inverno e em sistemas de rotação de culturas, proporciona ainda cobertura do solo devido a sua alta produção de matéria seca. Dessa forma, a adubação de manutenção tem papel importante, evitando a degradação do solo e tendo um bom resultado de matéria verde e seca.

As principais características que destacam a aveia preta como planta de cobertura são: a rusticidade, a capacidade de perfilhamento, a resistência a pragas e doenças, rapidez na formação da cobertura do solo e a elevada produção de fitomassa, mesmo em solos de baixa fertilidade, bem como a tolerância à seca, em vista do sistema radicular bastante desenvolvido, eficiência na reciclagem de nutrientes, baixa taxa de decomposição dos resíduos comparado às fabáceas, em função da alta relação C/N (> 30) e o elevado efeito alelopático sobre muitas invasoras (Derpsch & Calegari, 1992).

O cultivo de aveia forrageira como alternativa de alimentação animal no período do inverno seco na Região do Alto Uruguai Gaúcho é bastante promissor, por sua boa produtividade e alto valor nutritivo.

Na atividade leiteira, o uso de pastagens cultivadas é de suma importância, visto que garante um alimento de boa qualidade mais barato para o produtor. Em épocas de inverno ou de escassez de alimentos, torna-se uma grande fonte de nutrientes para a alimentação dos animais (Alvim, 2008). Entre as culturas mais utilizadas para o pastejo dos animais no

período hibernal destaca-se a aveia preta que apresenta crescimento mais rápido, resiste bem ao pisoteio e produz grande quantidade de massa verde para a alimentação animal (Bertolote, 2009).

Com base no trabalho realizado por Macedo (2006), sobre utilização de pastagens, apenas nos últimos anos intensificaram-se os estudos do comportamento de forrageiras e das formas de condução de pastagens, destacando-se que o desenvolvimento de uma boa estratégia de condução da pastagem, levando-se em conta as características da cultura que se tem como base, é de suma importância para obtenção de sucesso na atividade pecuária. A utilização da aveia preta, para o pastejo no período do inverno, proporciona produção de forragem elevada, que pode suprir as deficiências de alimentos comuns nessa época do ano, segundo relatado por Macari et al. (2006).

Considerando que o agricultor pode ter uma cultura no sistema de produção no inverno, a aveia constitui uma opção de baixo custo, utilizando os resíduos animais como fertilizante e ainda obtendo renda adicional com a produção de grãos, e favorecendo o aumento da cobertura no solo, um dos principais requisitos do plantio direto.

A Aveia Ucraniana ou também conhecida como Aveia Crioula é uma excelente opção de pastagem resistente ao inverno. Muito utilizada no Sul do Brasil, a Aveia Ucraniana é a revolução das pastagens de cobertura de solo. Quando a época de seca e frio se aproxima, muitos pecuaristas que produzem gado leiteiro já se preparam para lidar com a falta de alimento no período de estiagem. Para este período, a pastagem de Aveia Ucraniana/Crioula é a opção certa. Esta variedade de aveia pode ser aproveitada como pastoreio, cobertura, silagem e grãos. A Aveia Ucraniana é uma forrageira que tem grande valor nutricional, se destacando das demais aveias no seu potencial de corte e pastejo, em ensaios de melhoramento feitos por pesquisadores ela se destacou no volume (o dobro da aveia preta comum), cobertura de solo e na quantidade de cortes (até 8 cortes) (Www.Grupopozza.Com.Br).

Como nas demais atividades agropecuárias, a avicultura de corte gera uma quantidade muito grande de resíduos que, se bem manejados, poderão tornar-se não apenas uma importante fonte de renda e agregação de valor à atividade, mas também um modelo de produção sustentável. A utilização de estercos e outros compostos orgânicos apresentam-se como alternativa promissora capaz de reduzir as quantidades de fertilizantes químicos a serem aplicados nas culturas agrícolas (ALMEIDA et al., 1982). Vieira et al. (1998) citam que o uso de resíduos orgânicos estimula especialmente no início do ciclo da cultura da aveia, no desenvolvimento da parte aérea, além do benefício do aumento de produção da matéria seca, a disponibilidade de nitrogênio com o uso de cama aviária é de 50 % no primeiro ano, restando ainda 20% para o segundo ano e 30% para os anos seguintes, segundo Ribeiro et al. (1999).

Dentre as diferentes formas de repor os nutrientes exigidos por culturas de inverno, pode-se citar a utilização dos resíduos da atividade agropecuária, principalmente, os fertilizantes orgânicos de origem animal. Estes resíduos embora que apresentam características distintas entre si, possuem um alto potencial fertilizante, podendo substituir em parte ou totalmente a adubação química e contribuir significativamente para o aumento da produção de matéria verde e seca e/ou da produtividade das culturas, além de reduzir os custos de produção. Contudo, até o momento, poucas são as informações existentes sobre o uso de fertilizantes orgânicos como fontes de nutrientes para as culturas de inverno, principalmente, as destinadas à produção de pastagens.

Maximizar a eficiência dos sistemas de produção existentes, reduzindo a entrada de insumos externos e dos custos de produção é a lógica da agropecuária moderna. Baseado nisso, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a influência das adubações orgânica e mineral na produção de matéria verde (MV) e seca (MS) da Aveia Preta Comum (Avena strigosa) e Aveia Ucraniana em função da aplicação de diferentes doses de cama de aviário e fertilizante mineral.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na propriedade do senhor Ivonei Lolatto, localizada em Benjamin Constant do Sul, localizado no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. No dia da semeadura 22 de abril de 2017, foi realizado revolvimento do solo com grade aradora antes e após a aplicação da adubação.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições, com parcelas de 4m². No momento da semeadura foi realizada a aplicação do fertilizante químico NPK, da fórmula 12-24-12 na dose de 150 kg ha^{-1} e 300 kg ha^{-1} e cama de aviário com doses de 2,5 t ha^{-1} e 5 t ha^{-1}. Posteriormente fez-se a semeadura das parcelas com aveia preta e ucraniana na densidade de 80 kg ha^{-1}.

Os tratamentos avaliados foram: T1 - AVEIA PRETA: Testemunha, T2 – aveia ucraniana: testemunha, T3 – aveia preta: 150kg NPK, T4 - aveia ucraniana: 150kg NPK, T5 - aveia preta: 300kg NPK, T6 - aveia ucraniana: 300kg NPK, T7 - aveia preta: 2,5t cama de aviário, T8 - aveia ucraniana: 2,5 t cama de aviário, T9 - aveia preta: 5 t cama de aviário e T10 - aveia ucraniana: 5 t cama de aviário.

Após 28 dias da semeadura, fez-se uma adubação nitrogenada em todos os tratamentos, na dose de 150 kg de Nitrogênio (N), tendo como fonte de N a ureia. No dia 06 de julho, quando as plantas estavam com altura em torno de 30 cm fez-se o corte de todas as parcelas visando obter o rendimento de matéria verde (MV) e determinar a matéria seca (MS). O corte foi efetuado na região central de cada parcela, usando-se um quadrado de 1 metro de lado para delimitar a área. Para simular o pastejo, deixou-se um resíduo de aproximadamente 7 cm.

O material separado de cada parcela foi pesado em balança analítica, sendo o peso registrado e o resultado expresso em kg de matéria verde por hectare (kg ha^{-1}). As amostras, então, foram separadas em espécies forrageiras e

tratamentos, levadas a estufa de ar forçado, em 60 C° por 24 horas e 105 °C por duas horas, quando foram novamente pesadas para determinação da matéria seca. Os teores de matéria seca das amostras foram calculados pela fórmula:

MS (%) = (PSA/PVA)*100, onde: MS = teor de matéria seca (%); PVA = peso verde (g); PSA = peso seco (g).

Todos os valores de matéria verde (MV), matéria seca (MS) obtidos em 1 m^2 foram extrapolados para 1 ha. Com os resultados em mãos procedeu-se a análise de variância, com a aplicação do teste de médias Tukey a 5% para diferenciação entre os tratamentos dos atributos avaliados.

Para efetuar a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores – Assistat (Santos & Silva, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos indicam que a aveia ucraniana com 300 kg de NPK e 5 t de cama de aviário alcançou a maior produção de matéria verde (kg ha^{-1}) diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 1). Em seguida a aveia ucraniana com 150 kg de NPK e a aveia preta com 300 kg de NPK produziram satisfatória quantidade de matéria verde.

Tabela 1: Produção de matéria verde (MV), da aveia preta comum e da aveia ucraniana submetidas a diferentes tipos e níveis de adubação.

Tratamento	Matéria verde (MV) Kg ha^{-1}
T1 - **AVEIA PRETA COMUM:** Testemunha	7733,33 e
T2 - **AVEIA UCRANIANA:** Testemunha	7798,38 e
T3 - **AVEIA PRETA COMUM:** 150kg NPK	8630,00 cd
T4 - **AVEIA UCRANIANA:** 150kg NPK	9043,33 b
T5 - **AVEIA PRETA COMUM:** 300kg NPK	9031,66 b
T6 - **AVEIA UCRANIANA:** 300kg NPK	9643,33 a
T7 - **AVEIA PRETA COMUM:** 2,5T Cama de Aviário	8515,00 d
T8 - **AVEIA UCRANIANA:** 2,5T Cama de Aviário	8913,33b c
T9 - **AVEIA PRETA COMUM:** 5T Cama de Aviário	8950,00b c
T10 - **AVEIA UCRANIANA:** 5T Cama de Aviário	9310,00 ab
CV%	**6,37**

As medidas seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

No que concerne a matéria seca (Kg ha^{-1}) produzida, verificou-se que a aveia ucraniana 300 kg NPK alcançou uma maior produção, rendendo uma maior quantidade de alimento por unidade de área (Tabela 2).

Comparando-se a aveia ucraniana com 300 kg de NPK e 5T de Cama de Aviário, as mesmas não se diferiram estatisticamente, apresentando um desempenho superior aos demais tratamentos. A amostra que apresentou um segundo resultado satisfatório foi a aveia ucraniana 150kg NPK apresentando um nível de matéria seca razoável. Os resultados com menor desempenho foram os tratamentos testemunhas que não receberam nenhum tipo de tratamento.

Em virtude de os adubos orgânicos produzirem melhorias crescentes nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, comumente ocorre o melhor desempenho da produção vegetal (Lima et al., 2004)

Tabela 2: Produção de matéria seca (MS), da aveia preta comum e da aveia ucraniana submetidas a diferentes tipos e níveis de adubação.

Tratamento	Matéria seca (MS) Kg ha^{-1}
T1 - **AVEIA PRETA COMUM:** Testemunha	1033,33 e
T2 - **AVEIA UCRANIANA**: Testemunha	1047,33 de
T3 - **AVEIA PRETA COMUM**: 150kg NPK	1113,33 cd
T4 - **AVEIA UCRANIANA:** 150kg NPK	1191,67 bc
T5 - **AVEIA PRETA COMUM:** 300kg NPK	1169,00 c
T6 - **AVEIA UCRANIANA:** 300kg NPK	1292,33 a
T7 - **AVEIA PRETA COMUM:** 2,5T Cama de Aviário	1123,33 cd
T8 - **AVEIA UCRANIANA:** 2,5T Cama de Aviário	1156,00 c
T9 - **AVEIA PRETA COMUM:** 5T Cama de Aviário	1133,00 c
T10 - **AVEIA UCRANIANA:** 5T Cama de Aviário	1252,67 ab
CV%	**6,87**

As medidas seguidas por letras diferentes, diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Calegari (2006) a aveia preta apresenta respostas positivas principalmente à adubação com N e P, na massa seca também segundo Menezes et al. (2003) resíduos orgânicos, como a cama de aviário, são considerados insumos de baixo custo e de alto retorno econômico, além do retorno direto da atividade.

Vieira et al. (1998) citam que o uso de resíduos orgânicos estimula o início do ciclo da cultura, e o desenvolvimento adequado da parte aérea. Além do benefício do aumento de produção da matéria seca da aveia, há disponibilidade de nitrogênio com o uso de cama aviário segundo Ribeiro et al. (1999).

4. CONCLUSÕES

O trabalho evidenciou a importância da aplicação de fertilizantes químicos e/ou o uso de resíduos orgânicos para a obtenção de melhores resultados para a cultura da aveia.

Conforme os resultados obtidos verificaram-se que a aveia ucraniana com 300kg NPK e 5 t de cama de aviário apresentou os melhores resultados tanto para matéria verde como para matéria seca, demonstrando que dependendo da disponibilidade e preço da cama de aviário, além de contribuir com a diminuição dos gastos, o uso do fertilizante orgânico aumenta a produtividade e é uma opção ecologicamente sustentável.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI Campus Erechim por oportunizar a bolsa de iniciação científica.

6. REFERÊNCIAS

Aveia Ucraniana. Disponível em: http://www.grupopozza.com.br/pozza-aveia-ucraniana.php. Acesso em 28 de agosto de 2017.

Bertolote, L.E.M. (2009) Sobressemeadura de forrageiras de clima temperado em pastagens tropicais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Paulista, São Paulo. 84p.

Calegari, A. Plantas de cobertura. In: Sistema de Plantio Direto com qualidade. Ed.: Casão Jr., R; Siqueira, R.: Mehta, Y. R.; Passini, J. J. Londrina: Iapar. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional. 212 p. 2006.

Derpsch, R.; Calegari, A. Plantas para adubação verde de inverno. Londrina: IAPAR, 1992. 80p. (Circular IAPAR, 73).

Floss, E.L. Manejo forrageiro da aveia (Avena sp.) e do azevém (Lolium sp). In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, Piracicaba, 1988. Anais... Piracicaba, FEALQ, p.191-228, 1995.

Fontaneli, R.S. & Piovezan, A.J. Efeitos de cortes no rendimento de forragem e grãos de aveia. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.26, n.5, p.691-697, 1991.

Indicações técnicas para cultura da aveia *I* Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia. – Guarapuava: A Comissão: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006.

Lima, J. S.; Queiroz, J.E.G; Freitas, H.B. Effect of selected and non selected urban waste compost on the initial growth of corn. Resources Conservation and Recycling, v. 42, p. 309-315, 2004.

Macari S., Rocha M.G. Da, Restle J., Pilau, A., Freitas F.K. De & Neves F.P. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (Avena strigosa Schreb) com azevém (Lolium multiflorum Lam.) sob pastejo. Revista Ciência Rural, 36:910-915, (2006).

Ribeiro, A. C; Guimarães, P. T. G; Alvarez, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação. Viçosa: 1999. 359p.

Salerno, A.R. & Vetterle, C.P. Avaliação de forrageiras de inverno no Baixo Vale do Itajaí, EMPASC, Florianópolis - SC, 2p, 1984.

Bratti , F. C. Uso de cama de aviário como fertilizante orgânico na produção de aveia preta e milho /– Dois Vizinhos: [s.n], 2013.

Vieira, M. C. Avaliação do crescimento e da produção de clones e efeito de resíduo orgânico e de fósforo em mandioquinha-salsa no Estado de Mato Grosso do Sul. 1995. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Departamento de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

7. RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO E MAPEAMENTO DAS PERDAS DE GRÃOS DE MILHO DURANTE COLHEITA MECANIZADA EM DIFERENTES DECLIVIDADES

Anderson Jacob Alberti
Jardes Bragagnolo
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
ande7934@hotmail.com; jardesb@yahoo.com.br

Leandro de Mello Pinto
Universidade Federal de Santa Maria; Av. Roraima nº 1000; Bairro Camobi; Santa Maria; Rio Grande do Sul; Brasil
engleandropinto@gmail.com

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

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

Willian Jair Kuhn
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
willian.kuhn1@hotmail.com

Gleison Yuri Dias
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
geison_psar@yahoo.com.br

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

Resumo. *Durante o processo de colheita mecanizada do milho podem ocorrer perdas significativas de grãos e de qualidade, sendo necessário realizar regulagens nos mecanismos da colhedora para minimizar estas perdas. O experimento teve como objetivo determinar a localização e a oscilação das perdas de grãos resultantes do processo de colheita mecanizada do milho e a geração de mapas. As perdas de grãos foram determinadas em 16 pontos georreferenciados, coletando-se grãos perdidos em uma área equivalente a 3m² e para espigas em uma área de 30m², posteriormente pesados e com sua umidade corrigida para 13%. A declividade do terreno foi avaliada através da determinação de 163 pontos distanciados a aproximadamente 20 metros entre si utilizando-se uma estação total. Determinou-se que a perdas de grãos foi provocada na maior proporção pelos mecanismos internos da colhedora e totalizaram valores de 4,9 a 218,6 kg ha^{-1} sendo que observou-se diferença significativa entre as perdas de grãos em diferentes condições de declividade transversal em relação ao avanço da colhedora, sendo que para declividades menores que 15% obteve-se uma média de 16,89 kg ha^{-1} e para declividades transversais superiores a 20% perdas médias de 107,43 kg ha^{-1}. Conclui-se que o excesso de declividade do terreno influencia durante a colheita mecanizada ocasionando perdas financeiras para o agricultor.*

Palavras-chave: *colhedora, topografia, planialtimetria, mecanização, maquinas agricolas*

1. INTRODUÇÃO

O milho é um cereal que possui um amplo emprego, pois é muito utilizado na alimentação humana, animal e matéria–prima básica para diversos complexos agroindustriais (Fancelli e Dourado Neto, 2000). Conforme Embrapa

(2008) a importância econômica do milho é caracterizada pelas suas diversas formas de utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria. O uso do milho em grão na alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, sendo de cerca de 70% a nível mundial. Nos Estados Unidos, cerca de 50% é destinado a esse fim, enquanto que no Brasil varia de 60% a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano agrícola.

Uma das grandes metas atualmente é a necessidade de aumentar a produção de grãos de milho e a necessidade do aumento da produtividade em uma mesma área, é necessário repensar os cuidados com a cultura do milho, principalmente no processo de colheita para garantir qualidade e volume do grão colhido (Amadeu, 2013). A colheita mecanizada de milho é a última etapa do processo produtivo, devendo ter maiores cuidados ao conduzi-la, pois quando executada sem o emprego de critérios técnicos e de regulagens da colhedora podem acarretar grandes perdas, aumentando o custo de produção e, consequentemente, redução na rentabilidade do produtor (Bertonha et al., 2012).

As perdas durante a colheita são inevitáveis, mas, devem ser as mínimas possíveis. Sendo assim, para ter alta qualidade da colheita relaciona-se ao treinamento do operador que está efetuando a colheita e ao correto funcionamento do conjunto colhedora, além de uma correta regulagem durante o processo de colheita. A manutenção destas regulagens durante o dia de trabalho contribui para a diminuição de perdas de grãos na colheita (Moraes et al., 2005). O presente trabalho teve por objetivo geral determinar e identificar a causa das perdas de grãos no processo de colheita mecanizada na cultura do milho em função da topografia do terreno em uma lavoura de aproximadamente 6 ha na região norte do Estado do Rio Grande do Sul.

2. METODOLOGIA

2.1 Implantação da cultura e tratos culturais

O experimento ocorreu entre o ano agrícola de 2016/2017 em uma área localizada no município de Três Arroios-RS na localidade de linha Santo Antônio de coordenadas geográficas de latitude 27°31'54.70"S, longitude 52° 9'18.80"W e de altitude média de 738 m com uma área de aproximadamente 6 ha (Fig. 1). O solo é classificado como Latossolo, e vem sendo cultivado sobre Sistema de Plantio Direto (SPD) a mais de 6 anos.

Figura 1. Imagem aérea e limites (em vermelho) da área de estudo (Google Earth, 2017)

A semeadura foi realizada utilizando-se uma semeadora adubadora marca IMASA modelo MPS 1000 composta por 6 linhas de semeadura com disco de corte de palha e duplo disco para linha de semente, roda limitadora de profundidade da semente e rodas compactadoras. O trator utilizado para tracionar a semeadora foi Valtra, modelo BM 100 4x4 TDA.

A preparação para a semeadura do milho da safra iniciou-se durante o inverno sendo que foi semeado para a cobertura do solo nabo forrageiro, no qual permaneceu na área durante 3 meses. Logo após este período foi realizada a dessecação da cobertura preparando-a para a semeadura do milho. A semeadura do milho ocorreu entre 30 de setembro e 01 de outubro de 2016, utilizando-se o híbrido Dekalb 290 com densidade de semeadura de 77 000 sementes ha^{-1} com espaçamento de 0,45 m por linha. Os demais tratos culturais foram executados de forma homogênea na área conforme a necessidade observada pelo produtor, seguindo um padrão médio aplicado pelos produtores da região.

2.2 Coleta de dados

A colheita mecanizada do milho foi realizada entre os dias 09 a 17 de março. A colhedora utilizada foi uma NEW HOLLAND TC 57 com uma plataforma GTS de 9 linhas com 0,45 m de entre linhas, e velocidade de colheita entre 5 a 6 km h^{-1}. Para avaliação das perdas de grãos foi efetuada a coleta dos grãos perdidos, espigas perdidas, sendo registrado um ponto georreferenciado com uso de um receptor GPS de código C/A totalizando 16 pontos. Para a determinação das perdas de grãos utilizou-se uma armação retangular de acordo com a largura da plataforma de corte, totalizando uma área de 3 m² para avaliação de perdas na plataforma de colheita e sistema internos da colhedora (trilha, separação e

limpeza). Neste processo foi efetuada a coleta dos grãos encontrados na área interna delimitada também foi delimitada uma área de 30m² para avaliar as perdas naturais, conforme metodologia descrita por Portella (2000).

Inicialmente determinou-se as perdas na plataforma de colheita nos diferentes pontos de forma aleatória e posteriormente georreferenciado o local enquanto que a colhedora se encontrava em pleno processo de operação. Como seus mecanismos de colheita também foram desligados a colhedora retrocedeu certa distância, após isso colocou-se a armação de coleta a sua frente e foram coletados todos os grãos soltos e espigas que se encontravam dentro da armação.

Para determinação das perdas dos mecanismos internos da colhedora, a armação foi posicionada em um ponto aleatório da lavoura e posteriormente georreferenciado, onde, a colhedora efetuou o processo de colheita de forma constante.

2.3 Determinação da umidade dos grãos

A determinação da umidade dos grãos foi baseada no método da quantidades conhecidas de grãos. Este método de determinação de umidade é efetuado por pesagens antes e depois da secagem dos grãos. A umidade dos grãos foi determinada em todos os casos em estuda a 105°C por um período de 24 horas. A água que está contida no grão é retirada em forma de vapor pela aplicação de calor. O tempo e a temperatura necessários para a determinação dependem do tipo de grãos que foi avaliado sendo efetuada a secagem dos grãos inteiros conforme metodologia do MAPA (2009). Após corrigiu-se a umidade das mesmas para 13%.

2.4 Levantamento topográfico

Para a determinação da declividade da área foi realizado um levantamento planialtimétrico de pontos espaçados de 20 m, para uma melhor homogeneidade das informações altimétricas, num total de 163 pontos. Foi utilizada uma estação total da marca Leica, modelo TC 307, com precisão angular de 7" e linear de 2 mm + 2 ppm em medição padrão, e utilizadas as técnicas da poligonação e irradiação conjugadas. Para servir de apoio, foram rastreados 4 pontos com um receptor GNSS (Global Navigation Satellite System) de dupla frequência (L1/L2) da marca South, modelo S86S, por aproximadamente 1 hora cada, utilizando uma base de correção da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, localizada no município de Chapecó/SC, a uma distância em linha reta de aproximadamente 65 km. A escolha dessa base foi em função da mesma ser a base RBMC mais próxima ao local do trabalho. Antes de processamento dos dados foi necessário a conversão dos mesmos do seu formato de origem do receptor GNSS, para o formato RINEX (Receiver Independent Excharge Format), o qual é o formato utilizado para integrar dados receptores de diferentes fabricantes. A ferramenta utilizada para a conversão foi o programa ToRinex. O processamento dos pontos pelo método relativo foi realizado utilizando o software TopconTools

2.5 Geração de mapas

Para o processo de geração dos mapas de produtividade e de perdas de grãos o software utilizado foi o CR CAMPEIRO 7 (Versão CR7.33). Sendo assim realizada a determinação do contorno da área e após a obtenção dos resultados foram gerados os mapas com dados interpolados de perdas de grãos. Para a interpolação utilizou- se o método de krigagem com raio máximo de interpolação de 150 m e os mapas confeccionados com malha de pixel de 2 x 2 m. Assim, todos os resultados experimentais foram submetidos a análise de variância e a análise geoestatística.

Os resultados experimentais foram submetidos a análise de variância aplicando-se o teste F ($p<0,05$) e comparação de média de perdas totais de grãos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para as diferentes classes de declividade observadas (menor que 15% e maior que 20%), utilizando-se o software estatístico ASSISTAT.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perdas em função da declividade

Durante a avaliação das perdas de grãos observou-se que não foram identificadas perdas de grãos das espigas e plantas em diferentes pontos analisados na lavoura antes da colheita, considerando-se assim inexistentes perdas na pré-colheita. Da mesma forma foi observado em diferentes momentos da colheita que não haviam perdas provenientes da plataforma de colheita, considerando que as plantas de milho estavam sadias e as espigas não apresentavam facilidade na debulha. Desta forma, as perdas de grãos durante o processo de colheita foram consideradas apenas sendo provenientes dos mecanismos internos e em alguns casos de espigas que não foram recolhidas pela máquina colhedora em alguns pontos da lavoura. Assim obteve-se a perda total de grãos estimada, através do somatório das perdas ocorridas nos mecanismos internos, que foram de 93,20%, acrescidos das perdas de espigas, que foram de 6,80%. Desta forma observou- se que a declividade do terreno apresentava diferença sigficativas entre diferentes pontos na lavoura, influenciando o direcionamento do tráfego da máquina e as perdas de grãos. Após a avaliação da planialtimetria observou- se que a área apresentava altitudes compreendidas entre 717 a 746 m (Fig. 2).

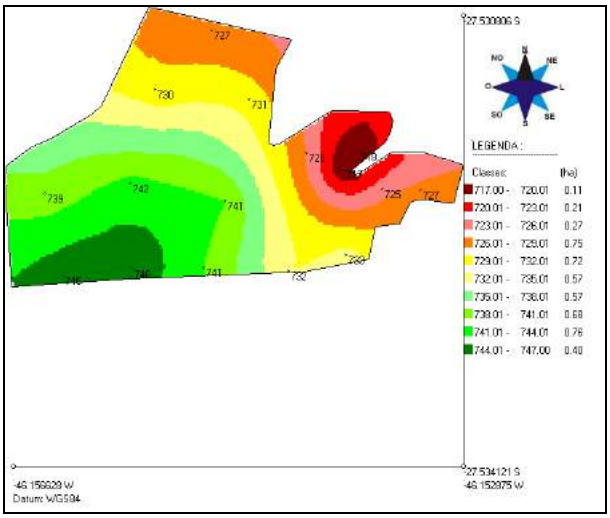


Figura 2. Mapa de altimetria da área utilizado para o estudo.

Assim as perdas totais de grãos determinadas na área variaram de 1,4 kg ha^{-1} a 218,6 kg ha^{-1} em função das perdas de grãos ocasionadas pelos mecanismos internos da máquina e perdas de espigas na lavoura, sendo que o ponto 3 não apresentou perdas de espigas e apenas 1,4 kg ha^{-1} foram ocasionados pelos mecanismos internos estando em uma porção da área com declividade transversal ao sentido de deslocamento da máquina colhedora inferior a 15%. Já as maiores perdas foram observadas no ponto 16 que apresentou perdas pelos mecanismos internos de 212,4 kg ha^{-1} e de espigas 6,2 kg ha^{-1}, estando em uma porção da área com declividade transversal ao sentido de deslocamento da máquina superior a 20%.

3.2 Perdas nos mecanismos internos, perdas de espigas e perdas totais

A Fig. 3(a) mostra o resultado da avaliação das perdas de grãos nos 16 pontos onde houve a determinação das perdas de grãos provenientes dos mecanismos internos da colhedora. A Fig. 3(b) mostra o resultado da avaliação das perdas de grãos nos 16 pontos onde houve a determinação das perdas de grãos provenientes das perdas de espigas. A Fig. 3(c) mostra o resultado da avaliação das perdas de grãos totais nos 16 pontos onde houve a determinação das perdas de grãos.

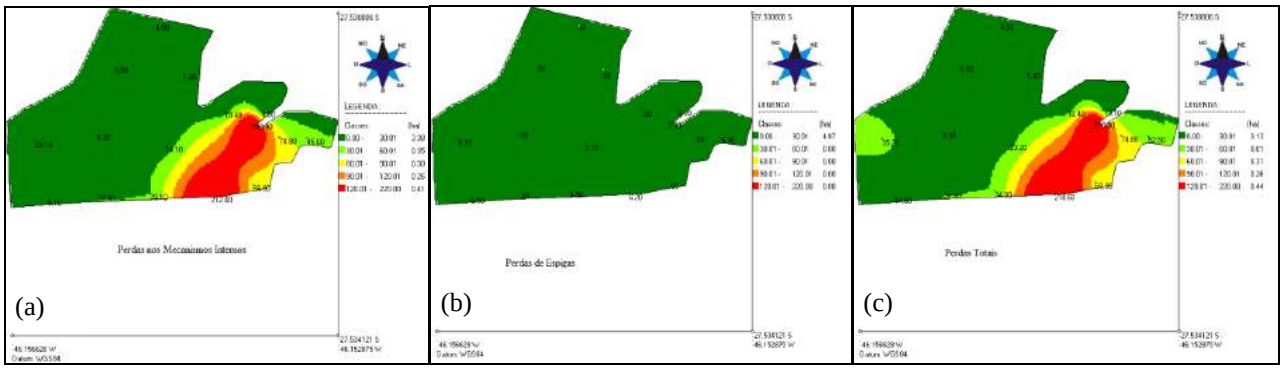


Figura 3. Mapa de perdas de grãos dos mecanismos internos (a), perdas de espigas (b) e de perdas totais de grãos (c)

Através do mapa das perdas de grãos ocasionadas pelos mecanismos internos, conforme a Fig. 3(a), foi possível verificar a variação espacial das perdas provenientes do sistema de trilha, separação e limpeza e a localização das maiores perdas concentradas na região próxima à depressão do terreno que coincide com a maior declividade transversal na porção centro-leste do mapa. Observou-se que as perdas provenientes destes mecanismos foram consideradas as que mais influenciaram as perdas de grãos de milho. Nota-se também que as maiores perdas foram encontradas onde estão situadas as cores amarelo laranja e vermelha, representando juntas uma área de 0,97 ha ou 20,64% do total da área. Nestes locais as possíveis causas da maior incidência de perdas de grãos se dão pelo fato que o terreno é mais íngreme e, portanto, sobrecarregando os mecanismos internos de maneira desuniforme da colhedora causando perdas significativas no processo.

O mapa de perdas de espigas, conforme a Fig. 3(b), foi gerado a partir de cada amostra de espigas inteiras e quebradiças que ficaram na lavoura. Esta perda pode-se dar em função da velocidade e alguma regulagem do conjunto colhedora. Nas amostragens realizadas percebeu-se que apenas em 8 pontos georrefenciado ocorreu perdas de espigas decorrente de alguma falha durante o processo de colheita. A velocidade de colheita foi o motivo mais provável para apresentar os resultados. O mapa de disposições de perdas totais, conforme a Fig. 3(c), observado a partir de cada ponto coletado na lavoura nos mostra que nas classes de cores amarela, laranja e vermelha apresentaram maiores perdas, totalizando 1,01 ha 21,26% do total da área. As possíveis razões para estas áreas apresentarem maiores perdas se dão pela maior declividade encontrada no terreno e possivelmente também pelo excesso de velocidade da colhedora durante o processo de colheita incompatível com a regulagem prévia dos mecanismos para locais de menor declividade, nos quais os mecanismos internos da colhedora operam de forma inadequada com o volume de material que é processado pela máquina.

3.3 Declividade transversal e declividade longitudinal

A Fig. 4(a), mostra o resultado das determinações das declividades transversais ao sentido de deslocamento da máquina colhedora nos 16 pontos onde houve a determinação das perdas de grãos. A Fig. 4(b) mostra o resultado das determinações das declividades longitudinais ao sentido de deslocamento da máquina colhedora nos 16 pontos onde houve a determinação das perdas de grãos. No mapa da Fig. 4(a) demonstram a declividade transversal em relação ao sentido de avanço da colhedora durante o processo de colheita do milho com as seguintes cores: verde para declividades até 15% totalizando 3,99 ha e em vermelho com declividades acima de 20% totalizando 1,05 ha. Foi observado que em declividades acima de 15% constatou-se maiores concentração de perdas. As maiores perdas de grãos estão associadas a maior declividade sendo a maior verificada de 218, 6 kg ha^{-1} e tendo como média 107,43 kg ha^{-1}. Estando de acordo com Rosset et al. (2016) que observou perdas de grãos maiores a média em declividades maiores. O mapa da Fig. 4(b) demonstra a declividade longitudinal em relação ao sentido de avanço da colhedora durante o processo de colheita do milho. Nota- se que ocorreu em dois pontos específicos indicando que sobrecarga nos mecanismos internos da colhedora, tanto como seu excesso de velocidade as possíveis causas para as perdas totalizando uma área de 0,35 ha 7,46%.

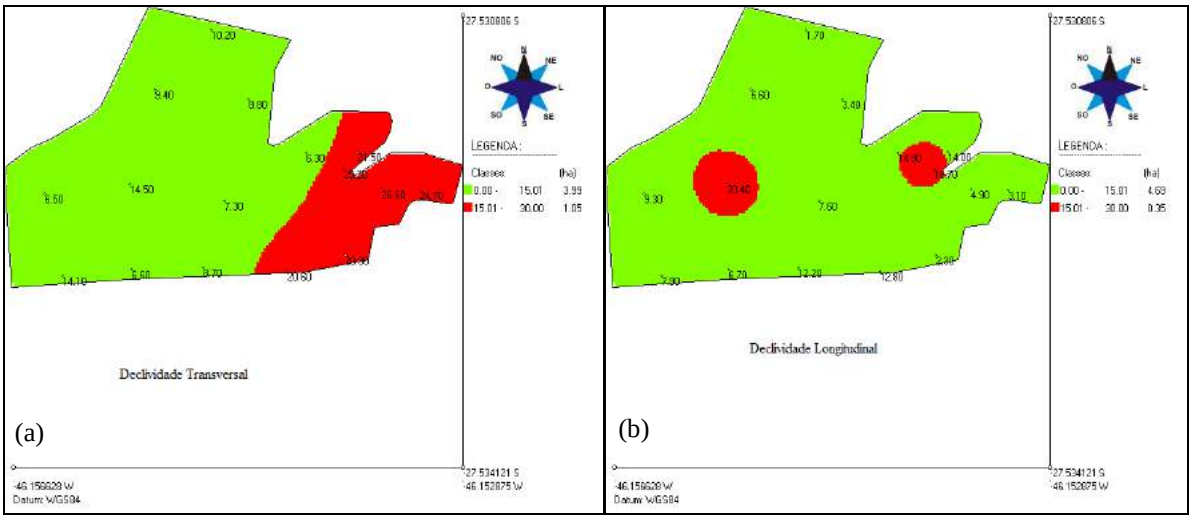


Figura 4. Declividades transversais (a) e declividades longitudinais (b) em relação ao sentido de avanço da colhedora.

4. CONCLUSÕES

Durante o experimento foi possível identificar e georreferenciar os locais onde possuíam perdas significativas oriundas do processo de colheita mecanizada do milho, principalmente proveniente dos mecanismos interno (93,20%), no qual foi observado que as perdas de grãos foram significantemente maiores em declividades superiores a 20%. Sendo assim, possível chegar à conclusão que o excesso de declividade do terreno influencia as perdas de grãos durante a colheita mecanizada ocasionando perdas financeiras para o agricultor. A regulagem da colhedora em terrenos com maiores declividades e a diminuição da velocidade de avanço da máquina podem proporcionar a redução das perdas de grãos, consequentemente aumentando a produtividade, além do aumento financeiro para o produtor.

5. REFEÊNCIAS

Amadeu, F. 2013. Perda na colheita mecanizada de grãos. Disponível em<http://rehagro.com.br/plus/modulos/notícias/lerphp?cdnoticia=2574>. Acesso em: 12 de set. de 2016.

Bertonha, R.S.; Silva, R.P.; Barrozo, L.M.; Cavichioli, F.A. e Cassia, M.T. 2012. Perdas e desempenho de sementes de milho em dois sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento da colhedora. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.11, n.3, p. 243-253..

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2008. Milho história e arte. Sete Lagoas MG, Embrapa. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/grao/7_edicao/grao_em_grao_materia_03.htm> Acesso em: 08 agos. de 2016.

Fancelli, A.L. e Dourado Neto. 2000. Produção de Milho. Guaíba: Agropecuária. FIESP – Safra Mundial de Milho 2016/2017 – Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho2/attachment/boletim_milho_maio2016/>. Aceso em: 26 Set de. 2016.

Google Earth. 2017. Google Earth Pro. Version 7.1.8. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>. Acesso em: 14/ jun de 2017.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009. Regras para análise de sementes. Disponivel em:</www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_ regras_analise sementes.pdf>. Acesso em: 14 de nov. de 2016.

Moraes, M.L.B.; Reis, A.V. e Machado, A.L.T. 2005. Máquinas para colheita e armazenamento de grãos. 2. Ed. Ver. E ampl. Pelotas.

Portella, J.A. 2000. Colheita de grãos mecanizada: implementos, manutenção e regulagem. Viçosa: Aprenda Fácil.

Rosset. B.E.; Braganolo, J.; Pinto, L.M>; Sacardo, C.E.C.; Zulian, L.F.; Bampi, L.J.; Malacarne, T.C.; Bocca, M.A. 2016. Influência das declividades do terreno sobre as perdas de grãos na colheita mecanizada de milho. Mostra Científica das Ciências Agrárias e Ciências Biológicas da URI – Erechim (3.: 2016 : Erechim, RS). Anais [recurso eletrônico] : / III Mostra Científica das Ciências Agrárias e Ciências Biológicas. - Erechim, RS.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE BOLDO SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO

Luciane Maria Ziger Witoslawski
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
luci_ziger@hotmail.com

Josieli Fátima Vesoloski
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
josy_vesoloski@hotmail.com

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

Amito José Teixeira
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
amito@uricer.edu.br

Antonio Sergio do Amaral
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
asamaral@uricer.edu.br

Resumo. *O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de estacas de boldo. Os tratamentos foram constituídos por cinco concentrações de AIB (0; 100; 200; 300 e 500 mg L^{-1}). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três repetições, sendo cada uma delas constituídas por seis estacas. Após 60 dias de cultivo avaliou-se o número e comprimento de raízes e o comprimento da parte aérea. Para análise estatística, os dados do fator concentração de AIB foram submetidos à análise de regressão. O fator concentração de AIB foi significativo para as variáveis número e comprimento de raízes formadas por estacas. Para a variável número de raízes, observou-se que ocorreu aumento no número de raízes à medida que a concentração foi aumentada, sendo a quantidade máxima (6,2 raízes/estaca), obtida na concentração estimada de 420 de AIB mg L^{-1}. Quanto ao comprimento das raízes, observou-se comportamento quadrático, sendo o máximo comprimento alcançado pelas raízes (5,86 cm), obtida na concentração estimada de 312,5 mg L^{-1} de AIB. O uso do regulador de crescimento contribuiu para a melhoria da formação do sistema radicular.*

Palavras-chave: Regulador de crescimento, muda, AIB, *auxina*

1. INTRODUÇÃO

O falso boldo (*Plectranthus* sp.), também conhecido como boldo-da-terra, boldo-de-jardim ou boldo-gambá, é uma planta herbácea que atinge até 60 cm de altura, possui folhas aveludadas, com belas inflorescências formadas por pequenas flores azuis com perfume suave e agradável. Originário dos países do Mediterrâneo e Oriente Próximo, pertence à família das *Lamiaceae*, a mesma família do manjericão.

A propagação vegetativa de espécies medicinais, como por exemplo o boldo, vem despertando bastante interesse nos últimos anos. Isto ocorre devido a necessidade de otimizar o método de propagação visando a aplicação comercial. De acordo com Marinho & Pacin (2014), os trabalhos de domesticação de plantas medicinais são escassos ou inexistentes para a maioria das espécies, sendo necessário o desenvolvimento de estudos relacionados à adaptação destas plantas às condições de cultivo, principalmente em virtude do aumento da demanda por parte da indústria farmacêutica.

O sucesso da propagação vegetativa é influenciado por vários fatores de natureza endógena e exógena, tais como o grau de lignificação dos ramos a serem enraizados, a quantidade de reservas nos tecidos, presença ou ausência de folhas nas estacas, espécie e cultivar, época de coleta dos ramos e uso de concentração de reguladores de crescimento (Azevedo et al.2009).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é avaliar o efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de estacas de boldo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de enraizamento foi conduzido na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Campus II, em Erechim- RS. As estacas utilizadas foram provenientes de uma planta matriz do banco de plantas medicinais da URI Erechim, sendo a planta adulta e possuindo em torno de um ano.

Os ramos foram coletados com o auxílio de uma tesoura de poda e em seguida utilizados para o preparo das estacas (Figura 1). As estacas herbáceas foram cortadas com aproximadamente 10 cm de altura e contendo a metade de cada uma das folhas. Logo após o preparo, a base das estacas foi imersa em 250 mL^{-1} das soluções com diferentes concentrações de AIB durante 60 segundos. Os tratamentos foram constituídos por 0; 100; 200; 300 e 500 mg L^{-1} de AIB.

Figura 1. Aspecto da planta matriz de boldo utilizada para a retirada de ramos para o experimento de enraizamento. URI Erechim, 2017.

O regulador de crescimento (AIB) correspondente a cada tratamento foi pesado em balança de precisão e após dissolvido com algumas gotas da solução de NaOH. Em seguida, o volume foi aferido com água destilada em balão volumétrico com capacidade de 250 mL^{-1}.

Após o tratamento, as estacas foram cultivadas em tubetes de plásticos com altura de 16cm, diâmetro superior de 6,5cm e capacidade de 290 cm^3 contendo substrato Tecnomax® previamente umedecido. Os tubetes contendo as estacas foram colocados em bandejas, as quais foram mantidas em câmara de germinação com temperatura de 28 $\pm$ 2 ºC (Figura 2). Ao longo do período de enraizamento, o material vegetal cultivado foi regado diariamente, de acordo com a necessidade hídrica.

Figura 2. Aspecto das estacas de boldo tratadas com AIB e cultivadas em substrato vegetal. URI Erechim, 2017.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três repetições por tratamento, sendo cada uma delas constituídas por seis estacas. Após 60 dias de cultivo foi avaliado o número e o comprimento de raízes formadas por estaca e o comprimento da parte aérea.

Para análise estatística, os dados do fator concentração de AIB foram submetidos à análise de regressão através do programa estatístico Sanest (Zonta & Machado, 1992). Os dados relativos ao número de raízes foram transformados em $(x + 0,5)^{½}$, enquanto a variável comprimento das raízes e comprimento da parte aérea não foram transformados. Para as análises estatísticas, foram adotados 5% de probabilidade de erro.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fator concentração de AIB foi significativo para as variáveis número e comprimento de raízes formadas por estaca. Para a variável número de raízes, pode-se observar um comportamento quadrático à medida que a concentração de AIB é aumentada (Figura 3). Observa-se que ocorreu um aumento no número de raízes formadas, sendo a quantidade máxima (6,1 raízes/estaca), obtida na concentração estimada de 420 mg L^{-1}de AIB. De modo geral, pode ser considerado adequado o número de raízes formadas por estaca submetida ao enraizamento com regulador de crescimento.

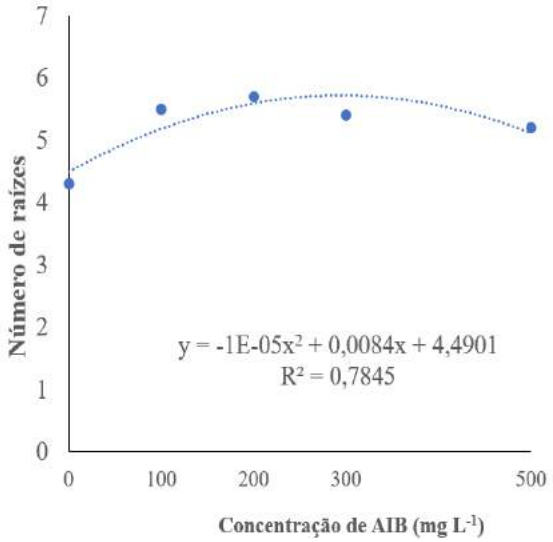


Figura 3. Número de raízes formadas por estaca de boldo enraizadas com diferentes concentrações de AIB (0; 100; 200; 300 e 500 mg L^{-1}), após 60 dias de cultivo. URI Erechim, 2017.

A formação de raízes nas estacas do tratamento controle sugere que a espécie medicinal avaliada é relativamente fácil de enraizar. Contudo, o uso do regulador de crescimento para tratar as estacas possibilita uma melhor formação do sistema radicular (Figura 4). De acordo com Lima et al. (2008), as auxinas são os reguladores de crescimento vegetal que possuem a maior efetividade na indução do enraizamento, ou seja, na formação de raízes adventícias. Entretanto, dependendo da espécie vegetal estudada pode-se ter maior facilidade ou dificuldade para enraizar, mesmo quando se faz o uso de concentrações elevadas.

Figura 4. Aspecto das estacas de boldo enraizadas com AIB (0; 100; 200; 300 e 500 mg L^{-1}), após 60 dias de cultivo. URI Erechim, 2017.

Quanto a variável comprimento das raízes, nota-se comportamento quadrático. Pode-se observar que o comprimento máximo obtido estimado (8,7 cm) ocorreu na intensidade luminosa estimada de 312,5 mg L^{-1} e que a partir dessa concentração ocorreu declínio (Figura 5). Avaliado o uso de diferentes tipos de estacas de *Plectranthus neochilus*, (estaca basal, mediana e apical), Lima et al. (2013) obtiveram raízes com comprimento variando entre 6,8 cm e 12,9 cm de acordo com o tipo de estaca enraizada. O comprimento das raízes observado no presente trabalho pode ser considerado adequado, pois a formação de raízes muito compridas é indesejável na fase de produção da muda em tubetes, devido ao risco de ocorrer enovelamento com a limitação de espaço do recipiente.

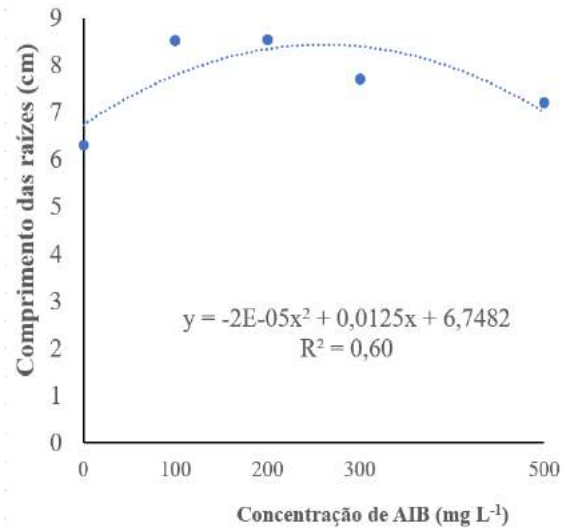


Figura 5. Comprimento das raízes formadas por estaca de bolbo enraizadas com diferentes concentrações de AIB (0; 100; 200; 300 e 500 mg L^{-1}), após 60 dias de cultivo. URI Erechim, 2017.

3. CONCLUSÕES

Para as condições usadas no presente trabalho pode-se inferir que:

- O boldo é uma espécie medicinal de fácil propagação por meio do enraizamento de estacas;
- O tratamento das estacas de boldo com ácido indolbutírico (AIB) contribui positivamente para melhor formação do sistema radicular;
- A concentração estimada de 312,5 mg L^{-1} de AIB é a mais adequada para obtenção do maior número de raízes por estaca de boldo.

4. REFERÊNCIAS

Azevedo, C. P. M. F., Ferreira, P. C. e Santos, J. S. Pasin, L. A. A.P., 2009. Enraizamento de estacas de cana do brejo, Bragantia, Campinas, v.68, n.4, p.909-912.

Lima, A.K.B., Bonafim, A.B., Germano, E.B., Souza, J.W.N., Silva, B.T.T. e Coelho, M.F.B., 2013. Propagação vegetativa por estaquia de boldinho (Plectranthus neochilus Schlechter). ANAIS, 65ª Reunião Anual da SBPC. Recife.

Lima, D.M., Silva, C.L., Ritter, M., Biasi, L.A., Zanette, f.,e Zuffellato-Ribas, K.C., 2008. Substratos e auxinas no enraizamento de estacas caulinares de espinheira-santa. Scientia Agraria, Curitiba, v.9, n.1, p.85-89.

Marinho, S.G., e Pasin, L., 2014. Influência da posição de estacas no ramo sobre o enraizamento de estacas de boldo. Anais. Congresso de Iniciação Científica da FEPI.

Zonta, E. P., e Machado, A. A., 1992. SANEST – Sistema de análise estatística para microcomputadores. Manual do usuário. Pelotas: UFPel. 102p.

5. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela apresentação deste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA DAS EMBALAGENS DE AGROTÓXICOS PARA O MUNICÍPIO DE ARATIBA, RS

Marciana Brandalise
Charli Cristina Cenci
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Agrárias
Av. Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
marcinha12355@hotmail.com
chacenci@hotmail.com

Franciele Rosset de Quadros
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Av. Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
franr@uri.com.br

Jéssica Aparecida Prandel
Mestranda do Programa de Pós-Graduação de Ecologia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Av. Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
jessicaprandel@yahoo.com.br

Ivan Luís Rovani
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, SP, Departamento de Hidrobiologia
Av. Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
ivanrovani@yahoo.com.br

Jéssica Cristina Backes
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Agrárias
Av. Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
jessica96cristina@hotmail.com

Elisabete Maria Zanin
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Av. Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
emz@uri.com.br

Vanderlei Secretti Decian
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, RS, Departamento de Ciências Biológicas
Av. Sete de Setembro, 1621- Erechim RS, Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental (LAGEPLAM)
vdecian@uri.com.br

Resumo.
Este estudo teve como objetivo elaborar e propor a implementação de rotinas e procedimentos de coleta de resíduos não orgânicos (embalagens de agrotóxicos), município de Aratiba, RS. Foi utilizada uma cena do satélite Landsat 8, ano 2016 para o mapeamento do uso e cobertura da terra. Os dados referentes à área cultivada no município foram obtidos junto a Emater e Fundação de Economia e Estatística (FEE). Para a espacialização e determinação dos procedimentos e roteiros de coleta utilizou-se o mapa de distritos e comunidades, juntamente com dados do levantamento do volume de embalagens geradas no município por trimestre durante o ano. Determinou-se que a cada trimestre, serão realizadas coletas, sob responsabilidade das empresas agropecuárias e cooperativas com atuação no município e terá duração de 3 dias intercalados para os distritos, sendo encaminhados para a Unidade Posto (Erechim) a qual encaminhará para a Unidade Central em Passo Fundo que destinará para a incineração ou reciclagem nos postos autorizados. É imprescindível a implantação deste processo de coleta junto ao município de

Aratiba, para obtenção de ganhos ambientais no setor rural, bem como a qualificação do município junto a região, a partir da implantação da logística reversa, servindo de modelo aos demais municípios.

Palavras-chave*:* *Produtividade agrícola, resíduos não orgânicos, tríplice lavagem, INPEV, Politica Nacional de Resíduos Sólidos.*

1. INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos são utilizados para desempenhar uma melhor produtividade agrícola. Porém, a falta de orientação especializada acarreta sérios riscos ao homem e ao meio ambiente. Quanto mais a agricultura se desenvolve, maior é a quantidade de agrotóxicos utilizados e mais embalagens são descartadas, ocorrendo contaminação dos alimentos e do meio ambiente (Conti, 2014). A destinação final das embalagens no Brasil é um grande problema (CEMPRE, 2000). O Brasil se habituou a utilização de agrotóxicos como condição indispensável à produtividade agrícola, em parte isto pode ser atribuído as grandes áreas de monocultura. Os agrotóxicos surgiram para resolver problemas relacionados às pragas e doenças que devastavam as plantações, impulsionada por novas tecnologias e mecanismos voltado ao aumento da produtividade agrícola (Godecke e Toledo, 2015).

A destinação adequada, envolvendo a implantação da logística reversa para os resíduos não orgânicos das atividades agrosilvopastoris, está prevista no artigo 33 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010). Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante o retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos.

No município de Aratiba, a evidente falta de conhecimento e qualificação técnica por parte dos agricultores, Prefeitura Municipal, cooperativas e empresas agropecuárias, em realizar de forma eficiente a logística reversa, mostra a importância do desenvolvimento e implantação desta proposta. Diante deste contexto, este estudo, visa elaborar um documento técnico com informações sobre a logística reversa de agrotóxicos, os passos básicos para sua implantação junto ao município, propondo rotinas e procedimentos para a realização desta atividade de acordo com o que é preconizado na legislação vigente.

2. MATERIAL E METODOS

2.1 Área de estudo

O município de Aratiba, RS localiza-se na região norte do Rio grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 27º15’10.3” e 27º30’31.1” latitude Sul e 52º12’27.9” e 52º24’11.4” longitude Oeste (Fig. 1). Apresenta uma população estimada para o ano de 2016 de 6.621 habitantes, área de 342,504 km² e densidade demográfica de 19,33 hab/km² (IBGE, 2016).

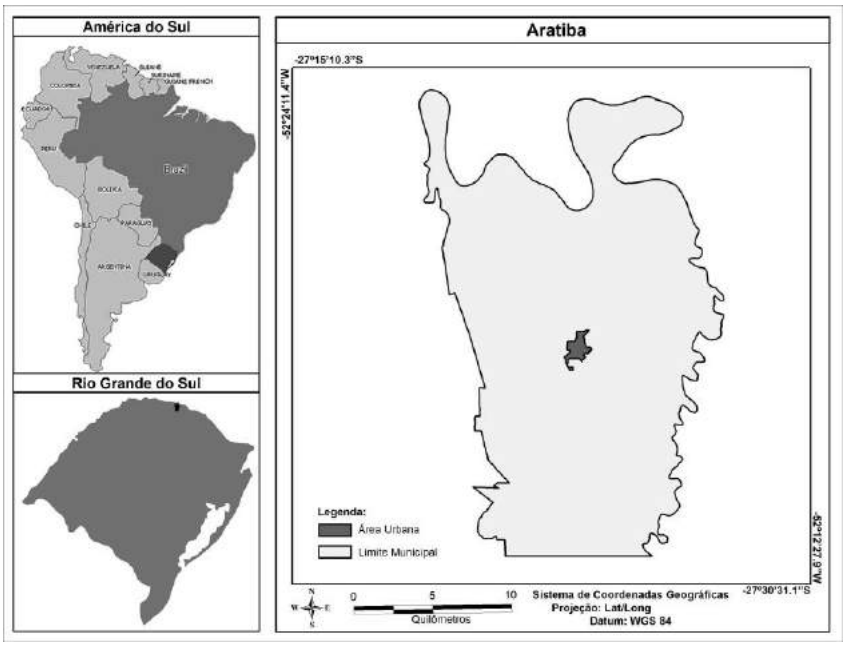


Figura 1. Localização do município de Aratiba, RS.

2.2 Mapeamento de Uso e cobertura da terra e quantificação dos dados de área cultivada e uso de agrotóxicos

Foi utilizada uma cena do satélite Landsat 8, para o ano de 2016, sensor OLI, órbita 222 e ponto 79, selecionada sem cobertura de nuvens e adquirida junto ao catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no mês de setembro. A imagem de satélite foi georreferenciada com base cartográfica do Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental - URI Erechim. A categorização das classes de uso e cobertura da terra Geografia e Estatística (IBGE, 2013).

Os dados relativos à área cultivada no município de Aratiba (culturas temporárias e permanentes) foram obtidos junto a Emater/ASCAR-RS municipal. Com essas informações, realizou-se uma consulta via rede mundial de computadores, com os dados do censo agropecuário de 2010, disponíveis no acervo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e na Fundação de Economia e Estatística (FEE).

2.3 Elaboração do mapa temática dos roteiros e cronogramas de coleta e manual básico de procedimento de uso das embalagens de agrotóxicos

O roteiro e cronograma de coleta das embalagens de agrotóxicos basearam-se na distância entre comunidades e distritos e nas informações obtidas junto a Secretaria da Agricultura e Meio Ambiente do município de Aratiba.

Foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre o tema abordado, como: destinação final das embalagens de agrotóxicos, lavagem, destinação no imóvel, roteiro e cronograma de coleta das mesmas, na rede mundial de computadores (internet), em sites governamentais, livros e periódicos científicos. Após, a compilação do referencial teórico, as informações foram dispostas de forma didática, em uma linguagem simples e de compreensão acessível. O manual de procedimentos será destinado aos agricultores, empresas agropecuárias, Secretaria da Agricultura e do Meio Ambiente e sindicato dos trabalhadores rurais do município de Aratiba.

Para a elaboração do manual básico de procedimentos, baseou-se na Cartilha sobre agrotóxicos - Série trilhas do campo, produzida pela ANVISA, no Manual de uso correto e seguro de produtos fitossanitários/agrotóxicos, desenvolvido pela Associação Nacional de Defesa Vegetal (ANDEF) e no Comitê de Boas Práticas agrícolas (COGAP).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise espacial do uso e cobertura da terra para o município de Aratiba mostrou que as classes mais representativas foram pastagem e vegetação nativa. Os usos menos representativos foram área urbana e silvicultura (Tab. 1). Para a região Norte do Rio Grande do Sul, onde está inserido o município, o aumento da vegetação nativa e pastagem estão relacionados ao abandono de áreas agrícolas, onde existe menor aptidão a mecanização da agricultura, por estas estarem situadas em áreas com inclinação das vertentes e elevadas declividades (Rovani, 2015; Prandel *et al.*, 2017).

Tabela 1. Quantificação de uso e cobertura da terra do município de Aratiba, RS.

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Área (ha)	%
Vegetação Nativa	9.797,47	28,60
Silvicultura	1.317,35	3,85
Pastagem	9.953,00	29,06
Lâmina d'água	2.993,42	8,74
Agricultura	4.122,57	12,04
Solo exposto	5.870,09	17,14
Área urbanizada	198,04	0,58
TOTAL	**34.251,94**	**100**

A aplicação de insumos no setor agropecuário acarreta na geração de resíduos que devem ser incluídos na logística reversa e são representados pelos usos da terra: agricultura, solo exposto, pastagem e silvicultura. Estes usos da terra utilizam elevadas quantidades de agrotóxicos para o desenvolvimento e manejo nas práticas agropecuárias. No município de Aratiba destacam-se as culturas temporárias de milho, soja e trigo. As principais culturas permanentes são laranja, tangerina e erva-mate.

Em sua divisão municipal, Aratiba apresenta 6 distritos (Aratiba, Dourado, Rio Azul, Três Barras, Volta Fechada e Pio X) e 48 comunidades (Fig. 2). Os roteiros serão realizados por caminhão contratado ou de responsabilidade das cooperativas, juntamente com as empresas agropecuárias e comerciantes de insumos agrícolas junto ao município. Os roteiros serão divulgados pela rádio de Aratiba, no programa Hora do Chimarrão e pelo informativo da prefeitura. Serão realizadas pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente palestras para os agricultores, relatando a importância desse trabalho nas comunidades, bem como para o município de Aratiba, informando quais os procedimentos corretos adotados na tríplice lavagem das embalagens, quais os dias distritos/comunidades/localidades que o caminhão irá recolher as embalagens e forma de acondicionamento no imóvel até a coleta (Quadro 1).

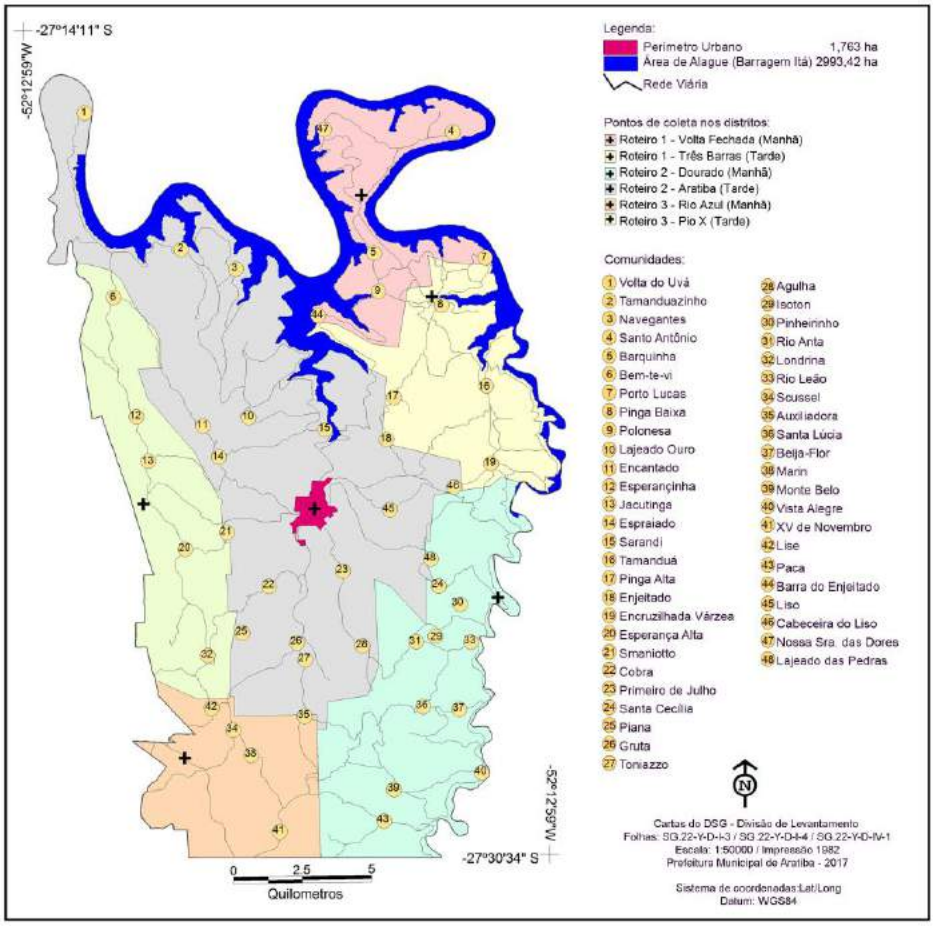


Figura 2. Mapa dos roteiros de coleta dos resíduos inorgânicos de agrotóxicos no município de Aratiba, RS.

O agricultor é responsável pelo sucesso no processo da logística reversa, correta lavagem das embalagens e pela entrega destas no ponto de recolhimento (Wilke, 2009). A conscientização e educação do agricultor em relação ao destino final das embalagens de agrotóxicos são de responsabilidade do poder público juntamente com os fabricantes e distribuidores de produtos agrotóxicos (INPEV, 2009).

O recolhimento será trimestral (Março, Junho, Setembro e Dezembro), sempre nos três primeiros dias úteis do mês, com datas ajustadas a cada ano devido às modificações dos calendários em relação aos dias úteis. Cada agricultor deverá realizar a tríplice lavagem das embalagens (conforme Manual Básico de Procedimentos das embalagens de agrotóxicos). Deverão deixar as embalagens no distrito da sua comunidade, onde terá um local para armazená-las, para posterior coleta.

Quadro 1. Manual básico de procedimentos de uso das embalagens de agrotóxicos no município de Aratiba, RS.

O QUE O USO INCORRETO DOS AGROTÓXICOS CAUSA NA SAUDE HUMANA
✓ Quando utilizado de maneira incorreta, ele pode causar vários danos, tanto ambiental quanto para a saúde humana.
✓ O uso incorreto dos agrotóxicos causa intoxicações como: aguda, crônica e subaguda. Na intoxicação aguda, pode ocorrer de forma leve, moderada ou grave, dependendo da quantidade de produto absorvido, os sintomas vão surgindo rapidamente como náuseas, vômitos, falta de apetite e diarreia. A intoxicação crônica caracteriza-se pelo surgimento tardio, após meses ou até anos, por exposição pequena ou moderada a produtos tóxicos, causando danos muitas vezes irreversíveis como transtornos mentais, doenças respiratórias, digestivas e dermatológicas, doenças no sistema nervoso. A intoxicação subaguda causa vômitos, tontura, dores de cabeça e fraqueza (Mendes *et al*., 2012).
✓ A ingestão do glifosato pode ocasionar lesões corrosivas das mucosas oral, gástrica, cólicas, diarreia, choque cardiogênico, tosse, edema pulmonar não cardiogênico, falência respiratória, e insuficiência renal em pessoas mais seriamente intoxicadas. As alterações neurológicas complicam-se com convulsões, coma, podendo levar até a morte. Pode ocorrer na pele queimação, vesículas e eritema, nos olhos podem resultar em irritação, dor e queimação ocular, conjuntivite e edema palpebral (Bortoluzzi, 2013).
PROCEDIMENTO NA HORA DA COMPRA

- ✓ Só compre o produto com receita agronômica e guarde a via;
- ✓ Exija nota fiscal do produto;
- ✓ Não compre produto em excesso, certifique-se da quantidade que irá usar e só compre o suficiente para tratar a área desejada;
- ✓ Cuide o prazo de validade dos produtos, não aceite produtos vencidos;
- ✓ Fique de olho nas embalagens, muitas vezes elas estão danificadas e as informações do rótulo e bula não estão legíveis.
- ✓ Compre os equipamentos de proteção individual e use-os, não deixe guardado.
- ✓ Verifique se o vendedor lhe informou o local onde as embalagens deverão ser devolvidas.

TRÍPLICE LAVAGEM

CLASSIFICAÇÃO DOS AGROTÓXICOS

Os agrotóxicos são classificados pela Anvisa, órgão de controle do Ministério da Saúde, em quatro classes de perigo para sua saúde. Cada classe é representada por uma cor no rótulo e na bula do produto.

CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA

CLASSE	GRAU	COR DA FAIXA
Classe I	Extremamente tóxicos	Vermelha
Classe II	Altamente tóxicos	Amarela
Classe III	Medianamente tóxicos	Azul
Classe IV	Pouco tóxicos	Verde

TRANSPORTE

O transporte desses produtos exige medidas de prevenção para diminuir os riscos e para cumprir as leis de transportes de produtos perigosos. O desrespeito dos mesmos acarreta em multas para quem vende e para quem transporta o produto. O veículo recomendado deve estar em perfeitas condições de uso. As embalagens devem estar cobertas por uma lona impermeável, presa à carroceria.

Não transporte embalagens danificadas ou com vazamentos. Não coloque os produtos fitossanitários na cabine, e lembre-se, sempre esteja com a nota fiscal do produto.

ARMAZENAMENTO

O depósito deve ser separado de outras construções como residências e instalações para animais, e deve ficar em local livre de inundações. A construção deve ser de alvenaria, com boa ventilação e luminosidade, não permitindo o acesso de animais. O piso deve ser cimentado e sem rachaduras o telhado deve ser resistente e sem goteiras. A instalação elétrica deve estar em perfeito estado de conservação. A porta deve permanecer trancada para evitar entrada de animais e pessoas. Não armazene agrotóxicos junto com alimentos, rações, sementes e medicamentos. Separe os produtos por tipo, como herbicidas com herbicidas, inseticidas com inseticidas e assim por diante.

CUIDADOS AO APLICAR O AGROTÓXICO

- ✓ Tente trabalhar nas primeiras horas do dia ou no final da tarde, para não ficar exposto ao sol. Evite ficar contra o vento. Abra a embalagem com cuidado para evitar derramamento e impedir a formação de nuvem ou respingos do produto. Procure sempre utilizar água limpa para preparar a calda e para não entupir os bicos do pulverizador.
- ✓ Se caso chover no momento da aplicação pare, pois esses produtos não funcionam com chuva, e você está poluindo solos, rios, intoxicando animais e desperdiçando tempo e dinheiro.
- ✓ Se você for aplicar agrotóxicos não hesite em usar os EPI (Equipamento de Proteção Individual). A calça deverá ter um reforço extra na perna com material impermeável, para aumentar a proteção. As botas devem ser de PV e deve ser usada com meia e a barra da calça deve ficar para fora do cano, para o produto não escorrer para os pés. O avental protege o corpo durante o preparo da calda. A máscara evita a inalação de partículas finas através das vias respiratórias, viseira deve ser utilizada para proteger os olhos e o rosto, o boné-árabe protege o couro cabeludo e o pescoço contra os respingos e por fim as luvas para as mãos não ficarem em exposição com a calda.

DESCARTE DAS EMBALAGENS DE AGROTÓXICOS	
As embalagens flexíveis (sacos plásticos, de papel, metalizados) devem ser colocadas em outras grandes sacolas de resgate, devem ser fechadas e identificadas. Para os galões, faça sempre a tríplice lavagem como indicado na bula do produto. A água utilizada na lavagem deve ser colocada dentro do pulverizador. E, mesmo que você estiver realizando a tríplice lavagem, utilize sempre EPI. Perfure o fundo dos galões de agrotóxicos para impedir que ele seja reutilizado. A lei obriga a devolução dentro de, no máximo, um ano após a data da compra. Se a loja recusar o recebimento, avise a Secretaria de Agricultura ou a Vigilância Sanitária.	
DESTINAÇÃO FINAL DAS EMBALAGENS VAZIAS	
A legislação brasileira obriga o agricultor a devolver as embalagens vazias na unidade de recebimento. Caso o agricultor não devolver as embalagens ou não prepará-las adequadamente, ele poderá ser multado, e irá se encaixar na Lei de Crimes Ambientais. O período de carência vem escrito na bula do produto. Este prazo é importante para garantir que o material que será colhido não possua resíduos.	

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo com todo esforço da mídia, dos fabricantes e importadores, das prefeituras e de outras instituições, observou-se a falta de conhecimento sobre os procedimentos e práticas relativas ao depósito, forma de manuseio das embalagens cheias e vazias (tríplice lavagem, inutilização/perfuração e depósito provisório) até o momento da entrega da mesma junto aos responsáveis pela coleta.

O município de Aratiba possui significativas áreas agrícolas, acarretando demanda no consumo de agrotóxicos, o que gera maior quantidade de embalagens. É importante o compromisso das secretarias municipais de Aratiba envolvidas com o processo quanto à implantação do projeto de coleta, tendo em vista que o elo da cadeia envolve as prefeituras municipais como órgão de fiscalização e gestão no processo de coleta, impedindo a aplicação e gasto financeiro com a coleta em si.

5. REFERÊNCIAS

Bortoluzzi, A., 2013. *Logística reversa de embalagens de agrotóxicos do município de Marau-RS*. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União*, Brasília – DF, 02 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 25 maio 2017.

CEMPRE – Comissão Empresarial para Reciclagem. 2000. *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. 2º Edição. São Paulo: IPT.

Conti, S.C., 2014. *Logística reversa de embalagens de agrotóxicos: estudo de caso no município de Concórdia/SC*. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Agrárias). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Godecke, M.V. e Toledo, E.R.S., 2015. Logística reversa de embalagens de agrotóxicos: Estudo do caso de Pelotas/RS. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*. Vol.9, n.4.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. *Manual técnico de uso da terra*. Terceira edição. Rio de Janeiro,

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico*. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rs/aratiba/panorama>. Acesso em: 05 de março de 2017.

Mendes, A. G; Junior, C. B; Marques, J. V; Silva, L. H., 2012. *Logística reversa de embalagens de produtos agrotóxicos*. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza ETEC Prof. Mário Antônio Verza, Palmital.

Prandel, J.A; Brandalise, M; Rovani, I.L; Quadros, F.R; Backes, J.C; Decian, V.S., 2017. Estudo da trajetória da fragmentação florestal na Região Norte do Rio Grande do Sul com o uso de imagens de satélite. In: *XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Santos, SP.

Rovani, I. L., 2015. *Análise do Uso da Terra e Fluxo de CO2 na Região Norte do Rio Grande do Sul*. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI, Erechim.

Wilke, R. 2009. *Logística reversa no recolhimento das embalagens vazias de agrotóxicos.* Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

EFEITO DA ADUBAÇÃO FOLIAR NA CULTURA DA SOJA COMO COMPLEMENTO A ADUBAÇÃO VIA SOLO

Michele Mara Breitenbach
Antonio Sergio do Amaral
Paulo Sérgio Gomes da Rocha
Jardes Bragagnolo
Amito José Teixeira
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
michymara33@gmail.com
asamaral@uricer.edu.br
p.sergio.r@uol.com.br
jardesb@yahoo.com.br
amito@uricer.edu.br

Resumo. *Com o passar dos anos, surgem cada vez mais fertilizantes, geralmente sem critérios e garantias de sua verdadeira eficiência na produção das lavouras. Especialmente para a soja, que é responsável pela maior área cultivada de grãos do pais. As exigências nutricionais das plantas vão depender do estádio em que esta se encontra e os resultados da análise de solo, que representa as características químicas e muitas vezes até físicas do solo. Dentro deste contexto é importante ressaltar os atributos físicos do solo que podem muitas vezes interferir na disponibilidade dos nutrientes que estão na solução do solo, mas não conseguem ser absorvidos pelas raízes devido a compactação. Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adubação foliar na cultura da soja em floração. Analisando os componentes: altura da planta, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de mil sementes e rendimento de grãos. O trabalho foi conduzido no município de Três Arroios – RS. Com 2 tratamentos, com e sem adubação foliar, composto por 3 repetições, totalizando 6 parcelas. O adubo foliar utilizado nesse estudo foi o Vegetação da Empresa Aminoagro, com aplicação de dose única de 3 L ha-1. A soja testada foi a cultivar TMG 7262 RR inox. A aplicação do fertilizante foi realizada entre os estádios R1 e R2 (floração) com pulverizador manual costal. Os parâmetros avaliados foram analisados no momento da colheita. Assim, verificou-se que nenhuma das variáveis estudadas nesse trabalho, apresentaram diferença significativa, concluindo que a aplicação do fertilizante foliar na soja como suplemento a adubação via solo, não gerou incremento no rendimento de grãos da cultura.*

Palavras-chave: *Glycine max, forma de adubação, culturas anuais, grãos*.

1. INTRODUÇÃO

A soja cultivada é uma planta herbácea, incluída na classe *Magnoliopsida* (Dicotiledônea), ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, Gênero *Glycine* L. É uma planta autógama, podendo ser de crescimento determinado ou indeterminado. Uma cultura de extrema importância econômica para o Brasil sendo responsável por grande participação no PIB do país. É a principal oleaginosa produzida e consumida em nível mundial. A FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), projeta ainda que Brasil e Argentina serão responsáveis, na próxima década, por parte considerável no aumento da produção no campo. Pelo menos 20 milhões de hectares a mais usados pela agricultura serão incorporados por esses dois países (PORTAL BRASIL, 2016). Para conseguir alcançar altas produtividades é necessário conhecimento do manejo e principalmente da adubação das culturas.

As culturas absorvem os nutrientes somente quando estes encontram-se disponíveis na solução do solo e na forma de íons. Sendo assim, vários fatores interferem diretamente neste processo, pois além da concentração adequada dos nutrientes no solo, a absorção efetiva depende também da aeração, da temperatura, da umidade, do pH e do equilibrio dos nutrientes presentes na solução do solo. Isso remete ao bom manejo do solo, uma vez que não adianta somente preocupar-se com a reposição adequada de nutrientes sem levar em conta as características físicas, favoráveis ao bom desenvolvimento radicular. É comum, em muitas situações, ter-se os teores adequados de nutrientes no solo, porém, a absorção é prejudicada pelas péssimas condições físicas que interferem diretamente no processo. Nestas situações a adubação foliar acaba resultando em resultados positivos, uma vez que os nutrientes são aplicados

diretamente na parte aérea das plantas, principalmente no caso dos micronutrientes. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da adubação foliar nos componentes do rendimento e na produtividade da soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em uma propriedade rural, no município de Três Arroios – RS. Em uma área de aproximadamente 100 m², dividida em 6 parcelas (unidades experimentais) de 2m x 4m, com 0,80 m de espaçamento entre as parcelas. O solo é caracterizado como um Latossolo Vermelho.

O controle de plantas daninhas foi realizado com o herbicida Roundup® (Glifosato de amônio), na dose de 3 $L.ha^{-1}$, e óleo vegetal com função adesiva.

Os tratamentos para insetos e doenças fúngicas foram realizados com Galil® (bifentrina + imidacloprido + polipropilenoglicol), Elatus® (Azoxistrobina e Benzovindiflupir), Unizeb Gold® (Mancozebe), Dimax® (Diflubenzuron), Bendazol® (Carbendazim), Ninbus® (Óleo Mineral) e Monaris® (Azoxistrobina e Ciproconazol), nas doses recomendadas pelos respectivos fabricantes.

A cultura implantada na área no inverno foi a aveia preta e o nabo forrageiro, que são duas plantas para a recuperação física do solo. As densidades de semeadura utilizadas foram de 60 kg ha^{-1} e 30 kg ha^{-1}, respectivamente.

A semeadura foi realizada no sistema plantio direto, no dia 09 de novembro de 2016, da variedade de soja TMG 7262 RR inox, com espaçamentos de 0,40m entre as linhas e com 12 sementes por metro linear.

Foi realizado amostragem de solo para análise química da área, onde os resultados estão expostos nas Tab 1 e 2. Segundo o Manual de calagem e adubação do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, os valores de macro e micronutrientes estão altos e adequados para o desenvolvimento da cultura e o pH é de 5,6. Assim, foram utilizados na linha de semeadura 300 kg ha^{-1} do adubo químico na fórmula NPK 05-30-15.

Tabela 1. Resultados da análise de solo da área onde foi realizado o experimento.

Resultados Analise de Solo				
pH (H_2O)	Índice SMP	P (mg/m^3)	K (mg/m^3)	M.O (%)
5.6	6.2	24	> 400	4.4
Al ($cmol/dm^3$)	Ca ($cmol/dm^3$)	Mg ($cmol/dm^3$)	CTC ($cmol/dm^3$)	% sat. da CTC (bases)
0.0	12.9	6.8	24.3	86

Tabela 2. Composição do fertilizante foliar Vegetação da Aminoagro, utilizado nesse estudo.

Composição	**(%)**	**g L^{-1}**
Carbono orgânico	2,3	29,9
Nitrogênio	3	39
Magnésio	0,5	6,5
Enxofre	2,3	29,9
Boro	0,3	3,9
Cobre	0,3	3,9
Manganês	3	39
Molibdênio	0,08	1
Zinco	3	39

Fonte: Empresa Aminoagro

Os tratamentos e o fertilizante foliar foram aplicados manualmente com o pulverizador manual costal. O fertilizante foliar utilizado foi o Vegetação da Aminoagro, com composição de macro e micronutrientes (Tab 3), trata-se de um fertilizante foliar bastante utilizado pelos produtores da região. A dose aplicada foi de 3 L ha^{-1}, quantidade indicada pela empresa para as leguminosas.

Tabela 3. Resultados da análise de solo para enxofre e micronutrientes na área do experimento.

Resultados Analise de Solo				
Micronutrientes				
S (mg/dm³)	Zn (mg/dm³)	Cu (mg/dm³)	B (mg/dm³)	Mn(mg/dm³)
5.6	6.2	24	> 400	4.4
15	14	7.3	0.5	28

A precipitação acumulada durante todo o ciclo da cultura (141 dias), foi de 979 mm. Durante esses 141 dias que a soja esteve no campo teve alta variação de precipitação , onde em aproximadamente 44 % dos dias ocorreu alguma precipitação. As maiores precipitações diárias não excederam 120 mm dia^{-1}.

A aplicação do fertilizante foi realizada na floração da cultura, entre os estádios R1 e R2.

Para a avaliação do desempenho dos tratamentos foram analisadas as seguintes variáveis: Altura de planta, produtividade de grãos, vagens por planta, grãos por vagem e peso de mil sementes.

A altura das plantas foi medida com uma trena, no colo da planta até o ápice do caule principal.

Os componentes do rendimento vagem por planta, e grãos por vagem foram avaliadas selecionando 7 plantas representativas de cada parcela. A contagem do número de grãos por vagem foi realizado com as vagens que foram coletadas nas 7 plantas, onde, estas vagens foram separadas por grupos de 4, 3, 2 e 1 grãos.

O peso de mil sementes foi realizado coletando as mil sementes de cada parcela e efetuando - se a pesagem, com 3 repetições. Para a determinação da produtividade, coletou-se, no centro de cada parcela 2 metros lineares de 3 linhas de semeadura totalizando assim 2,4 m² depois de efetuado as pesagens foi realizada a extrapolação dos valores totais para quilogramas por hectare.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições cada tratamento. Os resultados foram submetidos a análise de variância, comparando –se as médias pelo teste de tukey, usando o pacote estatístico ASSISTAT, com 5 % de probabilidade de erro.

2.1 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se após realizadas as análises que os resultados obtidos para os componentes do rendimento e altura da planta não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos aplicados (Tab 4).

Tabela 4. Resultados para altura da planta, alguns dos componentes do rendimento e para a produtividade da soja, variedade TMG 7262 RR inox, com e sem a aplicação do fertilizante foliar.

	Variáveis			
Tratamentos	Vagem por planta	Peso de mil sementes (g)	Altura da planta (cm)	Produtividade (kg ha^{-1})
Com fertilizante	63 a	231 a	112 a	5.622 a
Sem fertilizante	62,4 a	230 a	109,5 a	5.346 a
CV(%)	6.76	5.16	5,68	16,39

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente, de acordo com o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Mesmo não diferindo estatisticamente da testemunha, pode-se observar que as maiores médias em valores absolutos para a altura de plantas foram encontradas no tratamento com a aplicação de fertilizante, o que pode ser explicado pela maior formação de biomassa da cultura, característico de quando é realizada a adubação foliar, onde as plantas "ficam mais verdes". As demais variáveis analisadas foram semelhantes para os dois tratamentos utilizados.

Pode-se analisar que os dois tratamentos tiveram produtividades semelhantes considerando que o experimento foi realizado a campo. E com 3 repetições cada tratamento, o que nos mostra que não existe diferença estatística entre os resultados, não sendo viável economicamente a aplicação de fertilizante foliar na soja.

O número de grãos por vagem, foram divididos em quatro grupos, dependendo de quantos grãos foram contabilizados em cada vagem (1, 2, 3 e 4). Onde são apresentados os valores correspondentes a cada tratamento, sendo possível observar que não houve diferença estatística significativa. (Tab 5).

Tabela 5. Número de grãos por vagem de soja divididos em quatro grupos: vagens com 4, 3, 2, e 1 grãos para os dois tratamentos.

	Tratamentos	
	Número de vagens	
Grãos por vagem	Com fertilizante	Sem fertilizantes
1	131 a	110 a
2	381 a	379 a
3	785 a	791 a
4	21 a	24 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente entre si, de acordo com o teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Mesmo não diferindo estatisticamente entre os tratamentos, os valores mais altos para 3 e 4 grãos por vagem foram obtidos nas parcelas sem fertilizante foliar, o que confirma que as plantas conseguiram suprir suas necessidades nutricionais pelos nutrientes contidos na solução do solo sem precisar de suplemento via foliar. Na tabela 3 estão expostos os resultados para a produtividade da variedade TMG 7262 RR inox com os dois tratamentos testados.

Assim verificou-se depois de realizada as análises, que a aplicação de fertilizantes foliares na floração da soja não gera incremento significativo nos componentes do rendimento e na produtividade de grãos, de forma semelhante aos resultados encontrados por Dall'agnol & Silva (2014), para a soja no Alto Uruguai Gaúcho, testando a resposta da cultura à aplicação de diferentes fertilizantes foliares, e que também não observaram diferenças significativas para nenhum dos fertilizantes foliares avaliados.

Segundo Lantmann (1985), fica evidente, que a resposta da soja a aplicação dos micronutrientes zinco e molibdênio, só ocorre quando o solo está física e quimicamente comprometido, não deixando dúvidas sobre as perdas que a compactação causa nas lavouras, entre as principais consequências nas culturas podemos citar o impedimento de absorção dos nutrientes pelo sistema radicular, no entanto, um solo compactado interfere não somente na extração dos nutrientes mas em atributos do solo como aeração, drenagem, teor de matéria orgânica, retenção de água, mobilidade dos nutrientes no perfil do solo entre outros fatores. Com menos poros no solo, também se tem menor aeração das raízes, podendo contribuir para o aparecimento de algumas doenças nas culturas. (ALBUQUERQUE, 2017).

Faz-se necessário, portanto, práticas de manejo para descompactação, uma solução simples é o emprego de um sistema de rotação de culturas adequado, com plantas de sistema radicular pivotante, prática que nos dias de atuais tem sido pouco utilizada, sem pensar no prejuízo que isso acarreta ao solo e consequentemente para as culturas, que não conseguem aproveitar os nutrientes que estão presentes na solução do solo. Já no caso de compactação mais profunda uma alternativa é a subsolagem. Segundo Albuquerque (2017) Se as melhores práticas agronômicas fossem sempre seguidas, possivelmente a compactação atingiria uma quantidade muito pequena de áreas. No entanto, o acúmulo de desvios vai sendo marcado no solo. Operações com máquinas pesadas e em solo úmido, falta de rotação adequada de culturas, falta de culturas de cobertura e outros erros contribuem para compactar o solo. Sendo que depois de corrigida as características físicas, como compactação, precisamos priorizar a adubação via solo, realizada seguindo analise química com um pH indicado, outro fator importante é o antagonismo entre os nutrientes, o que pode causar sérias deficiências nas plantas, sendo que em muitos casos níveis elevados de um nutriente causa a deficiência de outro, acarretando em perdas de produtividade. Por isso a importância de se seguir as recomendações de análises de solo. Com essas práticas teremos um solo com as características físicas, químicas e biológicas ideais para o desenvolvimento vegetal, assim temos garantias de altas produtividades em qualquer cultura, sem a necessidade de aplicação dos fertilizantes foliares.

3. CONCLUSÕES

A aplicação do fertilizante foliar não gerou incremento significativo na produtividade assim como não observou-se diferença estatística nos demais componentes do rendimento da cultura da soja.

Sugere-se que o experimento seja repetido mais vezes e em condições de solo e clima diferentes.

4. REFERÊNCIAS

Albuquerque, M. “Compactação: diagnosticar para resolver”. Revista A Granja/Falker. 1 Jun. 2017 <www.falker.com.br>.

Dall”Agnol, D.V.B, Silva, M.R. “Respostas de rendimento na cultura da soja (*Glycine Max* L.) a aplicação de diferentes tipos de adubação foliar”. Erechim-RS. p 66-70, 2014.

Lantmann, A.F, Campo, R.J, Sfredo, G.J e Borkert, C.M. “Micronutrientes para a cultura da soja no estado do Paraná: zinco e molibdênio”. Comunicado Técnico. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Londrina-PR, n 34, p. 01-08, 1985.

Portal Brasil. “Economia e emprego”. 15 Maio. 2016. <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/07/brasil-sera-o-maior-produtor-de-soja-ate-2025-diz-fao>.

5. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela apresentação deste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVEIA PRETA UCRANIANA (*Avena strigosa*) SUBMETIDA A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE URINA BOVINA

Murilo João Ramos, Enéias Woidyla, Tailan Antonio Ogimbovski, Amito José Teixeira, Ariel Bandieira, Elias Cara Zen, Josieli Fátima Vesoloski, Luciane Ziger Witoslawski, Matheus Luís Zulian, Mauricio Henrique Berton

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

E-mail: murilojoaoramos@gmail.com, ewoidyla@gmail.com, tailanogimbovski@gmail.com, amito@uricer.edu.br, arielbandiera@gmail.com, eliascarrazen@hotmail.com, josy_vesoloski@hotmail.com, luci_ziger@hotmail.com, matheus-luis@hotmail.com, mauricioberton@hotmail.com

Resumo: *A base para a pecuária nacional atualmente baseia-se no cultivo de pastos, a maximização de produtividade por área deve pautada na melhor utilização dos recursos, principalmente os provenientes da própria propriedade. O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar a utilização de urina bovina em espécies forrageiras como a aveia, visando proporcionar fonte de adubação nitrogenada. Para analisar a eficiência da urina aplicada na aveia, foram realizadas aplicações após o primeiro corte em diferentes concentrações. Após 32 dias da primeira aplicação, foram avaliados teor de matéria fresca e matéria seca de cada parcela. A concentração que mostrou melhores resultados na resposta da aveia foi a de 2,5 litros de urina em 2500, ou seja, a concentração de 0,1 % de urina em água.*

Palavra chave: *Urina bovina, adubação nitrogenada, plantas forrageiras, aveia ucraniana*

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios para a agricultura na atualidade é o de desenvolver sistemas agrícolas sustentáveis que possam produzir alimentos em quantidades e qualidades suficientes, sem afetar os recursos do solo e do ambiente.

A alimentação animal é preocupação constante para os pecuaristas em geral e notadamente para os produtores de leite. Para produzir mais leite, é necessária a suplementação do rebanho, mas o concentrado tem custo relativamente alto. O custo da alimentação deve ser sempre motivo de cuidados, pois para produzir mais leite é preciso usar o concentrado. Entretanto, muito pode ser feito para minimizar esse custo, a começar do uso de forragem de boa qualidade.

A base da alimentação dos rebanhos são pastagens de gramíneas e a degradação dessas pastagens é um limitante que afeta aspectos econômicos e ambientais (Sousa et al., 2001). A deficiência de nitrogênio (N) é uma das principais causas dessa degradação (Macedo, 2000).

Aveia é uma gramínea de clima temperado, que pode ser cultivada em diferentes condições climáticas. São múltiplas suas possibilidades de uso: produção de grãos (alimentação humana e animal), forragem (pastejo, feno, silagem ou cortada e fornecida fresca no cocho), cobertura do solo, adubação verde e inibição de plantas invasoras pelo efeito alelopático (Sá, 1995).

Existem materiais com potencial para uso como os biofertilizantes, que figuram entre os principais insumos utilizados em sistemas agroecológicos, porém, a falta de testes e informações na busca de uma padronização limita a sua exploração (Lovatto et al., 2011).

Assim, a solução dos principais problemas que afetam a produção pecuária requer a incorporação de N nos sistemas de produção (Spain, 1990). Embora o uso deste nutriente tenha impacto positivo no aumento da quantidade de forragem produzida, há dificuldade na incorporação com a pastagem já instalada.

Dentro da dimensão agroecologica, além de conservar e melhorar a fertilidade dos solos, de preservar e ampliar a biodiversidade natural, de proteger as fontes e cursos d'água, minimizar o uso de substancias toxicas, os agricultores

poderiam, ainda, se preocupar com a reciclagem, ou reutilização de materiais, energia e nutrientes. Dentre as possibilidades, em nível de propriedades, de reciclar nutrientes, esta a utilização de urina de vaca (Pesagro, 2001).

A urina de vaca, quando aplicada a plantas cultivadas, tem mostrado vantajosos atributos. Em abacaxi, por exemplo, não somente ocasionou aumentos na produtividade comercial, agindo como fator nutricional, mas também se comportou como um defensivo natural contra o agente etiológico da fusariose (Gadelha et al., 1992). Pode ser considerado um fertilizante agrícola que possibilita aos pequenos produtores uma alternativa para reduzir a dependência de produtos externos, principalmente os agroquímicos, pois além de servir como fonte de nutrientes também tem efeito de defensivo e promotor de crescimento.

A urina pode ser um substituto natural de adubos nitrogenados utilizados na agricultura. De acordo com Pesagro, (2007) quando pulverizadas com solução de urina de vaca e água, as plantas ficam mais saudáveis e mais resistentes às pragas e doenças. De acordo com Pesagro, (2007) as principais substâncias encontradas na urina bovina são: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, boro, cobre, zinco, sódio, cloro, cobalto, molibdênio, alumínio, além de fenóis (que aumentam a resistência das plantas) e ácido indolacético (hormônio natural de crescimento). Isso significa que o líquido pode reunir muitos macro e micronutrientes necessários às plantas.

Segundo Oliveira et al., 2010 a urina bovina de vacas em lactação no quarto dia de armazenamento, quando uma amostra foi analisada, apresentando a seguinte composição (em mg L^{-1}): N = 12.600,0; P = 97,8; K = 2.666,0; Ca = 5,0; Mg=330,0; S=45,0; Fe=4,0; Mn=4,0; Cu= 2,0; Zn=8,0; B = 110,0; Na = 2.000,0; Co = 6,0; Mo = 9,0; Al = 2.900,0; Cl = 1.700,0; e densidade = 1,0 g mL^{-1} .

A urina animal que consegue penetrar no solo e escapar das perdas, é considerada uma fonte prontamente disponível de nutrientes (em especial N, K e B) às forrageiras (Spain & Salinas, 1985). A urina animal flui no solo através dos mocroporos e a uréia nela presente sofre hidrólise mais rápida que a uréia pura adicionada ao solo (Haynes & Williams, 1993).

O interesse pela aplicação de resíduos de animais vegetais e subprodutos orgânicos industrializados no solo tem aumentado nos últimos anos (Monteiro, 2009). Isso se deve principalmente pelos altos custos dos adubos químicos. Assim, é necessário fazer uma avaliação sobre a eficiência de fontes alternativas de nutrientes para as culturas (Araújo, et al.,2008). Os sistemas agropecuários dão origem a vários tipos de resíduos orgânicos, os quais, se corretamente manejados e utilizados, revertem em fornecedores de nutrientes para a produção de alimentos e melhoradores das condições físicas, químicas e biológicas do solo (Konzen, et al., 2000).

O objetivo deste estudo foi testar a hipótese de que a urina de vaca, prontamente disponível no meio rural, possa ser utilizada para como fonte de nitrogênio em cobertura, na aveia preta.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento conduzido nas dependências da propriedade rural da Linha Volta Grande, no interior de Barão de Cotegipe - RS, com a semeadura da aveia ucraniana (*Avena strigosa*). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, totalizando 39 parcelas, de 4 m^2.

A aveia foi implantada sem nenhum tipo de adubação, apenas sob restos culturais de soja em maio de 2017. A forma de semeadura à lanço de forma manual. Decorridos 62 dias da semeadura, foram aplicados os seguintes tratamentos a base de urina bovina, os quais foram extrapolados para um hectare:

T1 = aveia (Testemunha)
T2 = aveia + 2500 L ha^{-1} de água + 1,25 L ha^{-1} de urina
T3 = aveia + 2500 L ha^{-1} de água + 2,5 L ha^{-1} de urina
T4 = aveia + 2500 L ha^{-1} de água + 7,5 L ha^{-1} de urina
T5 = aveia + 2500 L ha^{-1} de água + 15,0 L ha^{-1} de urina
T6 = aveia + 2500 L ha^{-1} de água + 22,5 L ha^{-1} de urina
T7 = aveia + 2500 L ha^{-1} de água + 30,0 L ha^{-1} de urina
T8 = aveia + 2500 L ha^{-1} de água + 37,5 L ha^{-1} de urina
T9 = aveia + 2500 L ha^{-1} de água + 45,0 L ha^{-1} de urina
T10 = aveia + 2500 L ha^{-1} de água + 52,5 L ha^{-1} de urina
T11 = aveia + 2500 L ha^{-1} de água + 60,0 L ha^{-1} de urina
T12 = aveia + 2500 L ha^{-1} de água + 67,5 L ha^{-1} de urina
T13 = aveia + 2500 L ha^{-1} de água + 75 L ha^{-1} de urina

As variáveis quantificadas foram à quantidade de matéria verde produzida por hectare e posteriormente à matéria seca por hectare, ambas em quilogramas. A urina foi coletada de vacas lactantes e armazenada em garrafas PET num ambiente escuro.

A aplicação foi realizada em junho de 2017, aos 62 dias após a semeadura. A data do corte e coleta e avaliação do material foi realizada 32 dias depois das aplicação dos tratamentos. Para a aplicação foi utilizado um regador manual com capacidade de 4 lts e foram aplicados 1 lt de água mais a urina em cada parcela. Antes da aplicação realizou-se o corte de padronização da aveia de forma manual, nivelando todas as parcelas em 10 cm de altura.

O corte para determinação da matéria verde e da matéria seca foi realizado em julho de 2017. Os materiais foram cortados da área de 1 m² da região central de cada parcela do experimento, usando-se tesoura manual. Procurou-se simular o pastejo deixando-se um resíduo de aproximadamente 10 cm. Após o corte, o material foi encaminhado para o laboratório de Botânica do Campus II da Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões URI - Campus Erechim. Para obtenção de matéria verde, o material foi pesado em balança de precisão e os valores anotados, já para obtenção do rendimento de matéria seca o material pesado foi então secado em estufa por 24 horas a temperatura de 60ºC, e mais 4 horas a temperatura 105 ºC e pesados novamente. Todos os valores de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) obtidos na área do experimento foram extrapolados para 1 ha.

Procedeu-se a análise de variância, com a aplicação do teste de médias Tukey a 5% de probabilidade de erro para diferenciação entre os tratamentos dos atributos avaliados. Para efetuar a análise estatística foi utilizado o programa de estatístico Assistat (Assistat, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção leiteira se torna mais econômica quando consegue-se maximizar o componente forrageiro das pastagens, independente da genética animal. Por isso, para elevar o potencial produtivo das pastagens utilizam-se diferentes fontes para a adição de nutrientes ao solo. Desta forma, é importante que a produtividade da forrageira seja quantificada e comparada para ter-se uma resposta quanto ao desempenho de cada fonte de adubação.

Os resultados do rendimento de matéria verde e matéria seca (kg ha^{-1}) encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Efeito da aplicação de urina bovina como fonte de nitrogênio em cobertura na produção de matéria verde e seca.

Tratamento	Matéria verde (kg ha^{-1})	Matéria seca (kg ha^{-1})
T1	4420,0 c	1522,3 c
T2	5158,3 b	1692,3 b
T3	5449,2 a	1767,0 a
T4	4814,2 b	1683,3 b
T5	4425,5 c	1562,1 c
T6	4813,7 b	1678,0 b
T7	4767,7 b	1659,7 b
T8	4812,6 b	1671,9 b
T9	4063,3 d	1398,3 d
T10	4019,2 d	1300,2 d
T11	4127,6 d	1401,8 d
T12	4063,3 d	1405,7 d
T13	4048,8 d	1399,3 d
CV %	**3,52**	**4,92**

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Nas condições que o experimento foi realizado o tratamento 3 foi significativamente superior aos demais tratamentos no que concerne ao rendimento de matéria verde e seca. Vários tratamentos ((T9, T10, T11, T12 e T13) apresentaram efeito contrário ao esperado, com rendimentos de matéria verde e seca inferiores ao tratamento testemunha. De acordo com Maia (2002), aumentos de rendimento de massa de matéria seca da parte aérea em trabalhos com adubação orgânica somente são observados com aplicações de doses elevadas. Os efeitos observados

sobre o crescimento da aveia com as soluções de urina aplicadas são, provavelmente, devidos a outros fatores que não somente quantidade de nutrientes veiculados nas soluções.

O aproveitamento integral e racional de todos os recursos disponíveis dentro da propriedade rural, com a introdução de novos componentes tecnológicos, aumenta a estabilidade dos sistemas de produção existentes e maximiza a sua eficiência, reduzindo custos e melhorando a produtividade (Konzen, et al., 2000).

4. CONCLUSÃO

A aplicação de 2,5 L ha^{-1} de urina de vaca como fonte de nitrogênio na pastagem de aveia ucraniana pode ser uma alternativa para produtores que não dispõem de recursos para investir em outras fontes de adubação nitrogenada.

Vê-se a necessidade de repetir o experimento de forma que se possa isolar a influencia das condições climáticas (chuva) e que se possa fazer avaliação de vários cortes sucedidos da aplicação no mesmo ciclo da cultura.

5. REFERÊNCIAS

Araújo, L.C., Santos, A.C, Ferreira E.M. e Cunha, O.F.R., 2008. "Fontes de matéria orgânica como alternativa na melhoria das características químicas do solo e produtividade do capim-mombaça". Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba.

Gadelha, R.S.S., Celestino, R.C.A., 2002. "Efeito da urina de vaca na produtividade de abacaxi". Pesquisa Agropecuária & Desenvolvimento Sustentável. vol.1, p. 91-95.

Lovatto, P.B., Watthier, M., Schiedeck, G. e Schwengber, J.E. 2011. "Efeito da urina de vaca como biofertilizante líquido na produção orgânica de mudas de couve (Brassica oleracea var. acephala). Horticultura Brasileira." Hortic. bras., v.29, n. 2. Pelotas.

Oliveira, N.L., Puiatti, M., Santos, R.H.S., Cecon, P.R., Bherging, A.S. 2010. "Efeito da urina de vaca no estado nutricional da alface". Revista Ceres vol.57, Viçosa.

Pesagro, 2001. "Urina de vaca para repelente de insetos ou fertilizante". 05 maio 2017 <https://www.google.com.br/search?q=URINA+de+Vaca+para+Repelente+de+Insetos+ou+fertilizante&rlz=1C1EJFA_pt-BRBR736BR736&oq=URINA+de+Vaca+para+Repelente+de+Insetos+ou+fertilizante&aqs=chrome..69i57.331j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.

Pesagro, 2007. "Urina bovina, alternativa eficiente e barata". < http://www.pesagro.rj.gov.br/urina.html>.

Macedo, M.C.M. 1995. "Pastagens nos ecossistemas de cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável". Simpósio sobre pastagens nos ecossistemas brasileiras. Brasília.

Maia SSS (2002) Uso de biofertilizante na cultura da alface. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 49p.

Monteiro. E.M., Brasil, E.C, Brito, J.,Costa, N.A., Oliveira, C.S.B., Costa, E.J.F., 2009. "Influência da aplicação de adubos orgânicos e fósforo sobre a produtividade do *Panicum maximum* cv. Mombaça". Revista verde., Pará.

Sá, J.P.G,. 1995." Utilização da aveia na alimentação animal. Londrina". IAPAR., Paraná.

Sousa, T.P., Neto, E.P.S., Silveira, L.R.S., Filho, E.F.S,. e Maracajá. P.B., 2014. "Produção de alface (Lactuca sativa L.), em função de diferentes concentrações e tipos de biofertilizantes". Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. Pombal.

Spain, J.M. 1990. "Perspectivas para as pastagens consorciadas na América Latina nos anos 90 e futuros". Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ). Pastagens p. 87-105.

Wilkinson, S.R., Lowrey, R.W. 1973. In "Chemistry and Biochemistry of Herbage" (G.W. Butler and R.W. Bailey, eds.) pp. 247-315. Academic Press, New York.

Konzen, E.A., Alvarenca, R.C., 2000. "Produção de milho coma utilização de resíduos orgânicos". <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_48_168200511159.html>

6. RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE TRATAMENTO DE SEMENTE DE SOJA

Natan Cezar Martelli
Amito José Teixeira
Julio Cesar Brancher
Antonio Sergio do Amaral
Jardes Bragagnolo
Paulo sérgio Gomes da Rocha
Raquel Paula Lorensi
URI- Erechim
natanmarteli@hotmail.com; amito@uricer.edu.br; juliobrancher@uricer.edu.br, asamaral@uricer.edu.br, jardes@uricer.edu.br, rocha@uricer.edu.br, raquelorensi@uricer.edu.br.

Resumo. *No trabalho foram avaliadas as diferentes formas de efetuar o tratamento em sementes de soja: tratamento convencional "on farm" e o Tratamento Industrial (TSI). Foram feitos três testes para avaliações: teste a campo com o objetivo de verificar a diferença de produtividade, teste em laboratório para verificar a germinação e teste em laboratório para identificar a perda de vigor. A implantação a campo foi feita na propriedade do Jandir Martelli e família localizado em de Ipiranga do Sul, RS (Brasil) e testes em laboratório na URI em Erechim, RS. Foram realizados os testes com a cultivar de soja Cultivar BS 2606 IPRO. Testes de germinação em papel GERMITEST e o teste de vigor usando a metodologia do envelhecimento acelerado. Os resultados dos testes de produtividade mostraram que o TSI rendeu 3 sacos/ha a mais que os outros tratamentos. Nas análises de germinação o TSI teve 90% de germinação, enquanto o tratamento caseiro teve 68% e a testemunha sem tratamento 84%. No teste de vigor o melhor resultado foi a testemunha com 77% de vigor, o que reforça a teoria de que, após 150 dias, há diminuição do vigor nas sementes.*

Palavra-chave: *"on farm", vigor, TSI, germinação, glycine max.*

1. INTRODUÇÃO

O potencial produtivo da lavoura é decidido no começo do plantio, com cuidados que iniciam no trato com o solo e na escolha das sementes. Os tratamentos de sementes são muito importantes para que se possa garantir uma melhor sanidade ou até mesmo pode-se acrescentar micro nutriente para que a semente tenha um melhor arranque inicial, apresentando bom aporte de nutrientes, com uma menor incidência de doenças, principalmente as fúngicas, o que proporciona o alcance de uma melhor produtividade.

Atualmente na indústria há várias formas de tratamentos de sementes, dentre estas existe a opção do produtor escolher os produtos a serem usados e também a forma de executar esse tratamento. O tratamento caseiro de sementes, também conhecido como "on farm", ainda existe nas propriedades brasileiras, mas nos últimos anos está a diminuir, devido ao produtor usá-lo em condições inadequadas.

Há grande risco de contaminação das pessoas que estão trabalhando no local, pois há um contato direto com os produtos usados e a mistura é feita na hora com pouca proteção. No tratamento industrial, esse risco é menor, pois é realizado com uma máquina adequada e o produto é aplicado na dosagem certa por unidade de semente. O agricultor tem o benefício de não se envolver no processo do tratamento. Neste caso o produtor já recebe a semente pronta para o plantio.

Diante o exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar dois métodos de tratamento de sementes, sendo o convencional de fazenda - "on farm" e o outro tratamento industrial (TSI).

2. MATERIAL E MÉTODOS

As sementes utilizadas foram obtidas por meio de amostragem representativa de soja da cultivar BS 2606 IPRO, depois da homogeneização da amostra, que foi dividida para receber os diferentes tratamentos:

Tratamento Bayer: O tratamento foi 5 mL/kg de Cropstar e 2mL/kg de Derosal plus, as doses dos produtos usados no tratamento industrial e no tratamento on farm foram as mesmas, para padronizar os tratamentos. Porém, no tratamento industrial, também foi Polímero e pó secante, seguindo padrão do Tratamento industrial.

Quanto aos respectivos tratamentos, estes se deram de duas formas: via tratamento industrial utilizando uma máquina tratadora industrial tipo batelada, marca Bayer, e para o tratamento caseiro "on farm", utilizando-se a forma caseira com máquina comum, imitando a prática feita por grande parte dos agricultores que tratam sementes de soja em sua propriedade.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC). Para comparação de médias foi utilizado o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, por meio do programa estatístico ASSISTAT.

2.1 Implantações dos Tratamentos de Soja a Campo

O experimento a campo foi implantado dia 06/12/16, com a adubação de 200 kg de P2O5 e Kcl 200 kg/ha. A densidade de semente utilizada foi de 14 sementes/m linear com espaçamento de 0,45m entre linha. Para que não houvesse erro mecânico no plantio das sementes, utilizou-se a abertura manual dos sulcos e as sementes postas também manualmente, para que todos os tratamentos tivessem a mesma quantidade de sementes, os tratamentos com o TSI, "on farm" e a testemunha foram distribuídas em parcelas de 2x5 m para cada repetição de tratamento.

Com o passar do tempo foi feito o acompanhamento das parcelas, como também foi feito o controle de pragas e doenças. Para as análises utilizou-se 7 amostras de soja de cada tratamento. As amostras foram extraídas colhendo 3 carreiras de soja por 1 m de comprimento para comparação de peso entre os tratamentos.

2.2 Análises De Germinação e Vigor

Nessa etapa do trabalho foram feitos os testes de germinação e vigor após 150 dias de tratamento das sementes. Estes testes foram realizados no laboratório de análise de sementes da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, em Erechim, RS.

3.2.1 Teste de Germinação

No dia 21/03/2017 implantou-se o teste de germinação em papéis de GERMITEST com 3 repetições devido ao pouco tempo, mas dentro das normas para laudos oficiais. Primeiramente foram encharcadas duas folhas de papel GERMITEST com 2,5 vezes o peso do papel seco com água destilada, com o auxílio de um tabuleiro. Semeou-se 50 sementes sobre o papel respeitando os respectivos espaços entre elas. Após colocou-se outra folha também encharcada com água destilada sobre as sementes. Em seguida o papel GERMITEST foi enrolado e colocado em sacos plásticos para facilitar a identificação. Após, levou-se para BOD (Biochemical Oxygen Demand) em temperaturas de 25°C por sete dias, para que as sementes germinassem. Após este período retirou-se da DBO para que fosse feito a contagem das sementes que germinaram. Segundo o critério utilizado para a análise, foi avaliado que houve desenvolvimento satisfatório da parte aérea e parte radicular.

3.2.2 Teste de Envelhecimento Acelerado (vigor)

Foram colocadas as sementes em caixas tipo gerbox, cada caixa com 100 sementes suspensas por uma tela de aço, colocou-se em cada caixa de gerbox 45 mL de água deionizada. Levou-se para BOD a uma temperatura de 40°C por 24h. Após esse procedimento as sementes foram tiradas das caixas de gerbox e postas para germinar em papel GERMITEST por sete dias. Foram realizadas as devidas contagens, considerando-se como sementes de bom vigor as que tiveram um bom desenvolvimento da parte aérea e parte radicular.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados de Produtividade de Soja a Campo

Nos testes a campo observou-se que as sementes tratadas utilizando o método TSI obtiveram uma produtividade maior, quando comparadas com os demais tratamentos. Tratamentos "on farm" e a Testemunha (sem tratamento nas sementes) tiveram uma menor produtividade quando comparados com o TSI. Foi obtido uma diferença de 3 sacas a mais do TSI sobre o tratamento caseiro "on farm" e uma diferença de 5,1 sacas/ha a mais do tratamento TSI para a Testemunha.

Percebeu-se que as sementes sem tratamento, no caso da Testemunha, tiveram uma produtividade muito inferior quando comparadas às que obtiveram tratamentos.

Na tabela a seguir (tabela 1) há um demonstrativo de que o tratamento 1 (TSI) se difere dos demais e os tratamentos 2 "on farm" e o 3 (testemunha sem tratamento) não se diferem entre si. Ou seja, o tratamento TSI proporcionou uma maior produtividade que os demais. De acordo com Conceição et al. (2014), isto pode ser devido ao fato do tratamento químico de sementes conferir maior proteção às sementes e plântulas contra o ataque de fito patógenos e insetos praga.

Segundo Von Pinho (1995), sob condições favoráveis a rápida germinação e emergência de plântulas, pode não haver resposta ao tratamento das sementes, no entanto, sob condições ambientais e de solo desfavoráveis, a resposta ao tratamento deve ser maior.

Tabela 1. Produtividade (sacos ha^{-1}) , dos tratamentos avaliados. (1-Tratamento TSI; 2- Tratamento "on farm"; 3- Testemunha).

Tratamentos	**Produtividade (sacos ha^{-1})**
T1	66,7 a
T2	63,7 b
T3	61,6 b
CV%	**2.76**

Médias seguintes por letras diferentes na coluna diferem significantemente ao nível de 5% de probabilidade de erro.

4.2 Análises De Germinação e Vigor

4.2.1 Germinação

Para o teste de germinação, no tempo 150 dias, percebe-se que apenas o TSI e a testemunha alcançaram um nível adequado de plântulas anormais para as sementes de soja, com porcentagens de germinação acima de 80%,. O tratamento "on farm" teve uma porcentagem de germinação abaixo do nível adequado. Percebe-se no teste de germinação, aplicado 150 dias após as sementes serem tratadas, que o Tratamento TSI obteve 90% de germinação, sendo que o Tratamento "on farm" resultou em 68% de germinação das sementes. Já o Tratamento Testemunha obteve 84%, ou seja, o TSI mostrou-se com os melhores resultados nas análises de Germinação quando comparado com o tratamento caseiro.

Na tabela 2 abaixo, observou-se que o tratamento 2 (Tratamento "on farm") se difere dos demais Tratamentos e os Tratamentos 1 ("TSI) e o 3 (testemunha sem tratamento) não se diferem entre si. Ou seja, o tratamento 2 resultou em uma menor Germinação que os demais.

Contradizendo os resultados recém citados, GONÇALVES (2015) afirma: "Sementes tratadas *on farm* apresentam melhores valores na maioria dos testes avaliados que as sementes tratadas industrialmente".

Tabela 2. Dados Médios de Germinação das sementes. (1-Tratamento TSI; 2- Tratamento "on farm"; 3- Testemunha).

Tratamentos	**Germinação (%)**
T1	90,00 a
T2	68,00 b
T3	84,00 a
CV%	**6.33**

Médias seguintes por letras diferentes na coluna diferem significantemente ao nível de 5% de probabilidade de erro.

4.2.2 VIGOR, ENVELHECIMENTO ACELERADO

Observa-se que no teste de vigor aplicado 150 dias após as sementes serem tratadas, que o Tratamento TSI obteve 64% de vigor, enquanto que o Tratamento "on farm" resultou em 46,6% de vigor das sementes. Já o Tratamento Testemunha obteve 77,3% de vigor. Ou seja, a Semente sem Tratamento se mostrou com maior vigor quando comparado com os demais Tratamentos.

Os resultados obtidos no teste de envelhecimento acelerado indicam que a Testemunha sem Tratamento e o Tratamento TSI tiveram os melhores resultados de plântulas normais, com isso apresentando maior vigor que os demais tratamentos.

Porém apenas um tratamento apresentou valores maiores que 75%, que foi a Testemunha. As sementes sem tratamento foram as que menos mostraram perda de vigor com o aumento de armazenamento, até os 150 dias. Estes resultados podem ter sido influenciados pelo ambiente em que estas sementes foram armazenadas, pois segundo Neergaard (1977), a longevidade das sementes armazenadas é, predominantemente, dependente da própria umidade e da umidade relativa do ar no armazém.

Na tabela 3 abaixo, vimos que os tratamentos 1 TSI, 2 “on farm” e o tratamento 3 Testemunha sem tratamento obtiveram diferença significativa entre si. Ou seja, o tratamento 3 proporcionou um maior vigor que os demais. O Tratamento 1 teve um melhor vigor quando comparado com o Tratamento 2.

Resultados mostram que com o passar do tempo as sementes perdem vigor. Estes resultados concordam com Fessel et al. (2003) ao verificar que o vigor das sementes de milho diminuiu com o aumento do tempo de armazenamento das sementes tratadas.

Tabela 3. Dados Médios de Vigor das sementes. (1-Tratamento TSI; 2- Tratamento “on farm”; 3- Testemunha).

Tratamentos	**Vigor das sementes (%)**
T1	64,00 b
T2	46,60 c
T3	77,30 a
CV%	**7.74**

Médias seguintes por letras diferentes na coluna diferem significantemente ao nível de 5% de probabilidade de erro.

O armazenamento de sementes tratadas pode acarretar efeito fito tóxico do produto químico na semente causando perda da sua qualidade (MENTEN, 1996)

4. CONCLUSÃO

Nos testes desenvolvidos a campo pode-se afirmar que o TSI teve maior produtividade comparado com o “on farm” e o mesmo teve uma maior produtividade que a semente sem tratamento químico.

Nos testes de germinação, após 150 dias, o TSI teve maior germinação que os demais tratamentos e a semente sem tratamento químico teve maior germinação que o “on farm”.

No teste de vigor observou-se que, após 150 dias do tratamento das sementes com produtos químicos, as sementes que tiveram maior vigor foram as que não continham tratamento na semente.

6. REFERÊNCIAS

CONCEIÇÃO, G.M.; BARBIERI, A.P.P.; LÚCIO, A.D.; MARTIN, T.N.; MERTZ, L.M.; MATTIONI, N.M.; LORENTZ, L.H. *Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos nas sementes*. *Bioscience Journal*, v.30, n.6, p.1711-1720, 2014.

MENTEN, J.O.M. Tratamento de sementes. In: SOAVE, J; OLIVEIRA, M.R.M. & MENTEN, J.O.M. (Ed.). Tratamento químico de sementes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE SEMENTES, 4, Gramado, 1996. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1996. p.3-23.

FESSEL, S.A.; MENDONCA, E.A.F.; CARVALHO, R.V. Effect of chemical treatment on corn seeds conservation during storage. *Revista Brasileira de Sementes*, v.25, n.1, p.25-28, 2003.

VON PINHO, E. V. R. Efeito do tratamento químico sobre a qualidade sanitária e fisiológica de sementes de milho (Zea mays L.). *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v.17, p.23-28. 1995.

GONÇALVES, Patricia H. B. Qualidade de Sementes de Soja Submetidas a Diferentes Tecnoligias de Tratamento Quimico. Trabalho de Conclusão de Curso –Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco, 2015.

NEEGAARD, P. Storage conditions and moisture content of seed. In: Seed Pathology. New York, MacMillan Press, 1977. 594 p.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ADUBAÇÕES ALTERNATIVAS NO DESEMPENHO DE ALFACE CRESPA EM ERECHIM, RS

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

Lenir Fátima Gotz
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
lenir_gotz@hotmail.com

Vanderléia Fortuna
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
leiafortuna@hotmail.com

Nataliê Luíse Fabbian
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
natalie.fabbian@hotmail.com

Henrique Luiz Zanin
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
henriqueluiz05@outlook.com

Maicon Rosin
Universidade Federal da Fronteira Sul, Rodovia ERS 135, km 72, nº 200, Erechim – Rio Grande do Sul, 99700-970
maaicon_rosiin@hotmail.com

Resumo. *A alface é considerada a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil. Sua produtividade é definida pelo manejo da cultura, sendo a adubação um fator indispensável. Com o objetivo de avaliar a utilização de três fontes de adubação: adubo químico, cama de frango e vermicomposto, na cultura da alface, um experimento de campo foi conduzido em um Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico, na Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Erechim-RS. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições por tratamento. As doses utilizadas foram: 750 kg ha^{-1} de adubo químico (05-20-20) e 100 kg ha^{-1} de ureia 45% (2 aplicações); 50 kg ha^{-1} de cama de aviário; 47,5 kg ha^{-1} de vermicomposto e a testemunha 0 kg ha^{-1}. Após 54 dias de cultivo, foram avaliados: diâmetro do caule, circunferência de cabeça, número de folhas por planta e massa fresca das folhas. As médias obtidas foram submetidas à análise da variância e comparadas pelo teste de Tukey. A adubação com cama de aviário proporcionou os melhores resultados nas variáveis analisadas. Posteriormente, o vermicomposto e o adubo químico, os quais não diferiram estatisticamente. A testemunha apresentou os menores resultados.*

Palavras-chave: *Cama de aviário, vermicomposto, adubo químico, Lactuca sativa* L.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos mais saudáveis e as restrições estabelecidas pelos países importadores, em relação à qualidade do produto e à segurança alimentar, têm motivado estudos de técnicas alternativas para a produção de hortaliças, com vistas à redução ou eliminação do uso de agrotóxicos e de fontes minerais solúveis de adubação (Fontanétti et al., 2004).

A alface (*Lactuca sativa* L.), dentre as hortaliças folhosas, é a mais consumida no Brasil, sendo que sua produção, em grande parte, é proveniente da agricultura familiar (Bonela et al., 2015). O mercado consumidor, até metade da década de 80, apresentava preferência ao segmento de alface lisa, tipo '*White Boston*'. Posteriormente, houve mudança de segmento para a crespa, tipo '*Grand Rapids*', a qual corresponde a 70% do mercado (Sala e Costa, 2005).

Esta cultura possui considerável exigência em nutrientes, devido ao seu ciclo curto e intenso de produção (Pôrto et al., 2008). Em geral, os produtores de hortaliças, com o objetivo de aumentar a produção e pela carência de informação, utilizam fertilizantes minerais solúveis, com altas concentrações de fósforo (P) e potássio (K), sem a interpretação da análise de solo e recomendação à cultura. A utilização dessa fonte de adubação proporciona a obtenção de maiores

produtividades, todavia seu uso excessivo pode resultar em desordens na absorção de nutrientes e no metabolismo das plantas, além de aumentar o custo da produção e resultar em contaminação ambiental (Bonela, 2010). Neste contexto, a utilização de adubos orgânicos pode constituir em alternativa do ponto de vista econômico e ambiental, além de que sua utilização pode influenciar na qualidade nutricional da alface (Melo et al., 2008). No entanto, essa resposta pode variar de acordo com o grupo, a cultivar e a fonte de adubo orgânico (Bonela et al., 2015).

Bonela et al. (2015) estudaram diferentes fontes de adubos orgânicos: esterco bovino, cama de aviário e esterco suíno em alface, cultivares Amanda (grupo crespa), Elisa (grupo lisa) e Irene (grupo americana). Os autores verificaram que o esterco suíno e a cama de aviário foram as que proporcionaram maior incremento de produção total, massa fresca de folhas, número de folhas, diâmetro do caule e massa seca de folhas.

Assim, objetivou-se com esse estudo avaliar o desempenho agronômico da alface crespa, cv. Ariana, submetida à adubação química e duas fontes de adubação orgânica, cama de frango e vermicomposto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul - campus Erechim, durante o período de setembro a novembro de 2016. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (Embrapa, 2013). As características químicas do solo da área estão apresentadas na Tab. 1.

Tabela 1. Características químicas do solo na área experimental da UFFS – Campus Erechim, antes do cultivo de alface crespa, cv. Ariana.

Camada 0 - 0,10 m										
Argila	pH	Índice	P	K	MOS	Al	Ca	Mg	Al + H	$CTC_{pH7,0}$
%	(H_2O)	SMP	mg dm^{-3}		%	- - - - - - - - cm_c dm^{-3} - - - - - - - -				
> 60	5,6	6,0	4,5	155,0	3,8	0,0	6,4	3,0	4,4	14,2

% Sat da CTC		Relações			S	Zn	Cu	B	Mn
Bases	Al	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	- - - - - - - - mg dm^{-3} - - - - - - - -				
69,0	0,0	2,1	16,0	8,0	10,0	2,0	3,8	0,7	50,0

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo fundamental C, subtipo fa, caracterizado como subtropical úmido, sem estação seca definida, com a temperatura do mês mais quente superior a 22 °C, temperatura média anual de 18,2 ºC e precipitação média anual de 1.869 mm (CEMETRS, 2012).

Os tratamentos avaliados foram: T1) 750 kg ha^{-1} de adubo químico (formulação 05-20-20) e 100 kg ha^{-1} de ureia 45% (dividida em duas aplicações); T2) 50 kg ha^{-1} de cama de aviário; T3) 47,5 kg ha^{-1} de vermicomposto; e T4) Testemunha, sem adubação química ou orgânica. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. As doses das diferentes fontes de adubação foram estabelecidas a partir dos resultados da análise de solo, tendo por base as indicações à cultura da alface, que constam no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SBCS, 2016).

O grupo de alface utilizada foi crespa, cv. Ariana. Os canteiros foram preparados com um encanteirador e, antes do transplantio das mudas com 3 folhas definitivas, os fertilizantes foram incorporados ao solo. O transplante foi realizado no dia 21 de setembro de 2016, com uma população de 16 plantas por metro quadrado e espaçamento de 0,25 m entre plantas. Cada unidade experimental apresentava dois metros quadrados, alocando 32 plantas.

Uma semana após o transplantio foi realizado o replantio das plantas mortas e a instalação do sombrite, para que não houvesse interferência da intensidade de luz no crescimento e no desenvolvimento das plantas. As aplicações de nitrogênio em cobertura, no tratamento químico, foram realizadas aos 15 e aos 30 dias após o transplantio (SBCS, 2016). A irrigação das mudas ocorreu a cada dois dias, com exceção aos dias com precipitação.

A colheita foi realizada no dia 14 de novembro de 2016, aos 54 dias após transplantio, na área útil de cada unidade experimental (0,5 m x 1 m), totalizando oito plantas por parcela. As plantas foram cortadas rente ao solo e submetidas a uma pré-limpeza, em que as folhas baixeiras, lesionadas e em senescência foram retiradas. As variáveis analisadas foram: diâmetro do caule, com o auxílio de um paquímetro; circunferência da cabeça, com a utilização de uma fita métrica; número de folhas por planta, pela contagem de folhas maiores que 10 cm; e a massa fresca das folhas por planta, determinada em balança digital de precisão (0,0001 g).

As médias dos dados foram submetidas à análise de variância e, se significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas através do *software* estatístico Assistat 7.7 (Silva e Azevedo, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de diferentes fontes de adubação resultou em diferenças em todas as variáveis analisadas. Os melhores resultados foram obtidos com a aplicação de cama de aviário como fonte de nutrientes (Tabela 2). O adubo químico e o vermicomposto não diferiram estatisticamente. Em todas as variáveis analisadas a testemunha foi o tratamento que apresentou os menores valores pelo fato de não ter recebido nutrientes via fertilização (Tabela 2).

Tabela 2. Diâmetro do caule (cm), circunferência da cabeça (cm), número de folhas por planta, massa fresca das folhas (g) de alface crespa, cv. Ariana, submetida a diferentes fontes de adubação.

Adubação	Diâmetro do caule (cm)	Circunferência da cabeça (cm)	Número de folhas por planta	Massa fresca das folhas (g)
T1 - Adubo químico	1,48 b[(1)]	55,4 b	17,8 b	684 b
T2 - Cama de aviário	2,15 a	70,6 a	23,7 a	1388 a
T3 - Vermicomposto	1,66 b	55,6 b	19,8 b	702 b
T4 - Testemunha	0,83 c	35,1 c	11,7 c	180 c
C.V. (%)	1,17	11,9	9,3	24,3

[(1)] Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Peixoto Filho et al. (2013) observaram resultados semelhantes com a aplicação de distintas fontes de adubação (esterco de frango, de bovino e de ovino) em alface, cv. Crespa Cacheada, sendo que a utilização de esterco de frango proporcionou melhores resultados em termos de massa fresca (parte aérea e raízes) das plantas, produtividade e número de folhas por planta.

O diâmetro do caule foi superior quando a alface recebeu adubação com cama de frango, seguido por vermicomposto e adubo químico, os quais não diferiram (Tabela 2). A testemunha apresentou o menor resultado nesta variável, como pode ser observado na Tab. 2. Bonela et al. (2015) verificaram maior diâmetro do caule com a aplicação de 80 t ha^{-1} de esterco de suíno, com média de 26,5 mm de caule, não diferindo da aplicação de 30 t ha^{-1} de cama de aviário, com 24,1 mm. De acordo com os mesmos autores, o aumento neste parâmetro pode aumentar a absorção de nutrientes, o que proporciona aumento de massa, e, por conseguinte, da produtividade total.

Em relação à circunferência da cabeça houve efeito distinto em função do tipo de adubação. Quando a cultura recebeu adubação de cama de aviário, apresentou o melhor resultado para essa variável (Tabela 2). Com a aplicação de vermicomposto e adubo químico não houve diferença significativa e o menor valor foi observado na testemunha (Tabela 2). Essa variável está diretamente relacionada com a massa fresca da parte comercial que é importante para o produtor, uma vez que o consumidor baseia-se no tamanho da cabeça da alface no momento da aquisição. Além disso, também é importante para a indústria, pois afeta o rendimento no beneficiamento, visto que cabeças muito pequenas diminuem o rendimento dos operadores (Resende et al., 2008).

Em relação ao número de folhas por planta também houve diferença significativa entre os tratamentos. Do mesmo modo, a cama de aviário proporcionou os melhores resultados (Tabela 2). O vermicomposto e o adubo químico apresentaram maior número de folhas do que a testemunha, mas não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2).

Considerando que a circunferência da cabeça está relacionada com a massa fresca da alface, ambas apresentaram resultados semelhantes com a variação na fonte de adubação. Logo, a cama de aviário produziu maior teor de massa fresca das folhas e a testemunha apresentou o menor resultado. Da mesma forma, o vermicomposto e a adubação química não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 2).

A aplicação de cama de aviário, como forma de adubação alternativa para o cultivo de alface, proporcionou melhores os resultados em todas as variáveis analisadas. Tal desempenho pode ser atribuído ao fato de que esta fonte apresenta diversos nutrientes essenciais ao desenvolvimento, enquanto que o adubo químico restringe-se apenas ao NPK. No caso do vermicomposto, possivelmente não houve uma mineralização satisfatória e os nutrientes não foram disponibilizados em tempo hábil para que as plantas pudessem utilizá-los e proporcionar assim uma melhoria no desempenho da cultura. Além disso, cabe salientar que as hortaliças folhosas respondem muito bem à adubação orgânica, pelo fato do efeito condicionador desta fonte, responsável por aumentar a capacidade do solo em armazenar nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas (Oliveira et al., 2010).

4. CONCLUSÃO

Nas condições deste experimento pode-se concluir que a cama de aviário proporciona aumento na produção da alface crespa, sendo uma fonte viável, principalmente para a região do Alto Uruguai Gaúcho, devido à grande disponibilidade desta fonte de nutrientes.

5. REFERÊNCIAS

Bonela, G.D., 2010. Adubação fosfatada e potássica para alface em Latossolo com teores altos de P e K disponíveis. Dissertação, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal.

Bonela, G.D., Souza, H.O.de, Guimarães, R.R. e Gomes, E.J.da C., 2015. "Resposta de cultivares de alface a diferentes fontes de matéria orgânica". *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, Vol. 5, p. 89-95.

CEMETRS – Centro Estadual de Meteorologia, 2012. "Atlas climático do Rio Grande do Sul". 22 Jul. 2017. <http://www.r3pb.com.br/AtlasCemetRS/#/9/zoomed>.

Embrapa, 2013. *Sistema Brasileiro de Classificação de solos*. Embrapa, Brasília, 3ª edição.

Fontanétti, A., Carvalho, G.J.de, Morais, A.R.de, Almeida, K.de, Duarte, W.F., 2004. "Adubação verde no controle de plantas invasoras nas culturas de alface-americana e de repolho". *Ciência e Agrotecnologia*, Vol 28, p. 967-973.

Melo, L.C.A., Silva, C.A., BIAS, B.de O., 2008. "Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas". *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Vol. 32, p. :101-11.

Oliveira, E.Q.de, Souza, R.J.de, Cruz, M.doC.M.da, Marques, V.B., França, A.C., 2010. "Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral". *Horticultura brasileira*, Vol. 28, p. 36-40.

Peixoto Filho, J.U., Freire, M.B.G.dosS., Miranda, M.F.A., Pessoa, L.G.M., Kamimura, K.M., 2013. "Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Vol. 17, p. 419–424.

Pôrto, M.L., Alves, J.doC., Souza, A.P.de, Araújo, R.daC., Arruda, JAde., 2008. "Produção e acúmulo de nitrato em alface em função do fornecimento de nitrogênio e da adubação orgânica". *Horticultura Brasileira*, Vol. 26, p. 227-230.

Resende, G.M.de, Yuri, J.E., Souza, R.J.de, 2008. "Épocas de plantio e doses de zinco em alface tipo americana". *Horticultura Brasileira*, Vol. 26, p. 510-514.

Sala, F.C., Costa,C.Pda, 2005. "PIRAROXA: Cultivar de alface crespa de cor vermelha intensa". *Horticultura Brasileira*, Vol.23, p.158-159.

SBCS, 2004. "Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina". Comissão de Química e Fertilidade do Solo, Porto Alegre, 10º edição.

Silva, F.A.S., Azevedo, C.A.V., 2016. "The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data". *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 11, p. 3733-3740.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DE MORANGUEIRO CULTIVAR DOVER SOB LEDS

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

Diogo Vitale Canova
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
d_canova11@hotmail.com

Sergio Henrique Mosele
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
msergio@uricer.edu.br

Antonio Sergio do Amaral
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
asamaral@uricer.edu.br

Jardes Bragagnolo
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
jardesb@yahoo.com.br

Amito José Teixeira
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
amito@uricer.edu.br

Gabriel Scalabrin
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
gabrielscalaa2@hotmail.com

Resumo. *O objetivo deste trabalho foi avaliar a aclimatização de morangueiro cultivar Dover sob diferentes intensidades luminosas. Foram utilizadas brotações de morangueiro cultivar Dover com 35 dias de cultivo em meio de enraizamento in vitro. As brotações foram cultivadas em tubetes contendo substrato vegetal e mantidas sob lâmpadas de LEDs em ambiente com fotoperíodo de 16 horas e temperatura de 28 $\pm$ 2ºC. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis repetições por tratamento. Após 105 dias, foi avaliado o comprimento da planta, número de folhas, comprimento das raízes, massa fresca parte aérea e das raízes e o aspecto visual das plantas. Observou-se efeito significativo da intensidade luminosa para o comprimento da planta, massa fresca da parte aérea e das raízes. Obteve-se comportamento linear decrescente do comprimento da planta a partir de 25 µmol. m^{-2}. s^{-1}. Para a massa fresca da parte aérea, a densidade de fluxo de fótons máxima estimada foi de 72 µmol. m^{-2}. s^{-1} e a massa fresca de 4,65 g por planta. Em relação a massa fresca das raízes, observou-se comportamento quadrático, a intensidade de fluxo de fótons máxima estimada foi de 59,75 µmol m^{-2} s^{-1} e a massa fresca máxima de 5g por planta.*

Palavra-chave: *Qualidade da luz, micropropagação, muda.*

1. INTRODUÇÃO

A cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) apresenta grande importância econômica e social para milhares de produtores de base familiar dos Estados de SP, MG e RS. Além disso, o morango é muito apreciado por seu aroma e sabor característico, além de conter vitamina C em concentrações mais elevadas que a laranja e o limão (Oliveira & Scivittaro, 2007).

O cultivo do morango possibilita ao produtor boa lucratividade, emprega um grande número de pessoas durante a sua condução, entretanto requerer o uso constante de tecnologia, visando o manejo das doenças, as quais podem comprometer a produção, caso não sejam eficientemente controladas no momento certo (Costa & Ventura, 2004). Sendo a muda de boa qualidade genética e fitossanitária, um dos requisitos básicos para a implantação e o sucesso da atividade.

A micropropagação é um conjunto de técnicas de propagação vegetativa de mudas amplamente estudado em diversas espécies vegetais, sendo a modalidade dentro da cultura de tecidos que mais se tem difundido e encontrado aplicações práticas comprovadas (Grattapaglia & Machado,1998).

A aclimatização de mudas é o processo pelo qual plantas micropropagadas *in vitro* são transferidas para um ambiente com as condições naturais. Este processo deve ser progressivo, de forma que as plantas sofram menor estresse, que possam culminar em injúrias profundas ou até mesmo em morte. Esse processo representa uma etapa importante dentro de um programa onde se trabalha com cultura de tecidos, sendo que, em alguns casos, chega a ser o fator limitante no processo de micropropagação.

Em relação às condições ambientais envolvidas na aclimatização, o fluxo de fóton fotossintético, ou seja, a energia transportada por uma radiação eletromagnética através de uma área por unidade de tempo, é tido como um dos fatores mais importantes. Kim et al. (2004) observaram que o fluxo de fóton afeta o crescimento e a realização da fotossíntese em várias espécies de plantas cultivadas *in vitro*.

O uso de LEDs, como fonte de radiação no cultivo de plantas, tem despertado considerável interesse nos últimos anos, também por estes possuírem um vasto potencial para a aplicação comercial, como por exemplo, a aclimatização de mudas micropropagadas.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a aclimatização de brotações de morangueiro cultivar *Dover* sob diferentes intensidades luminosas sob lâmpadas LEDs.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim. Foram utilizadas brotações de morangueiro cultivar *Dover* com 35 dias de cultivo em meio de enraizamento, meio MS (Murashige & Skoog, 1962), sem reguladores de crescimento.

As brotações enraizadas foram retiradas do meio de cultura e em seguida lavadas em água corrente para a retirada dos resíduos presentes no sistema radicular. Posteriormente, foram transplantadas em tubetes plásticos com capacidade de 290 cm^3 contendo substrato Tecnomax®.

As bandejas contendo os tubetes foram transferidas para a câmara de germinação com temperatura de 28 $\pm$ 2 e fotoperíodo de 16 horas. As plantas foram regadas diariamente com o auxílio de uma pisseta, de acordo com a necessidade hídrica da planta. Duas vezes por semana, as plantas eram regadas com 10 mL de solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1938).

Os tratamentos foram constituídos por diferentes intensidades de fluxo de fótons luminosas (0; 25; 50; 75 e 100 µmol m^{-2} s^{-1}) fornecidas por lâmpadas de LEDs, com por 20% de LEDs azuis e 80% de LEDs vermelhos. O tratamento controle consistiu de ausência de luz artificial.

Após 105 dias de cultivo, foi avaliado: comprimento da planta, número de folhas, comprimento médio das raízes, massa fresca parte aérea e do sistema radicular, além disso foi avaliado o aspecto visual das plantas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis repetições por tratamento, sendo cada uma constituída por seis tubetes contendo uma planta.

Para análise estatística, os dados do fator intensidade luminosa foram submetidos à análise de regressão através do programa estatístico Sanest (Zonta & Machado, 1992). Os dados do número de raízes e número de folhas foram transformados em raiz quadrada de x+0,5, onde x é o número obtido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado efeito significativo do fator intensidade luminosa para as variáveis comprimento da planta, massa fresca da parte aérea e radicular. Na figura 01, pode-se observar um comportamento linear decrescente a partir da intensidade luminosa de 25 µmol. m^{-2}. s^{-1} para o comprimento da planta. Os resultados do presente trabalho diferem dos obtidos por Rocha et al. (2016), que trabalhando com o cultivo hidropônico de *Allium fistolosum*, obtiveram o maior comprimento da planta na intensidade luminosa de 56,6 µmol m^{-2} s^{-1}. Essa diferença observada pode ser atribuída ao fato de serem de espécies diferentes.

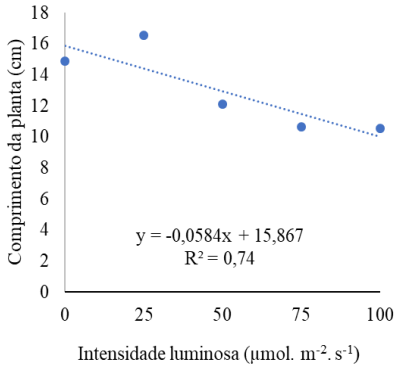


Figura 01. Comprimento da planta de morangueiro cultivar Dover aclimatizadas sob diferentes intensidades luminosas, após 105 dias de cultivo. URI Erechim 2017.

Quanto à variável massa fresca da parte aérea, pode-se observar um comportamento quadrático (Figura 02), corroborando com os estudos de Rocha et al. (2016), também encontraram um comportamento quadrático para variável massa fresca ao trabalhar com diferentes intensidades luminosas em *Allium fistolosum*. A densidade de fluxo de fótons máxima estimada foi de 72 µmol. m^{-2}. s^{-1} e a massa fresca da parte aérea máxima estimada foi de 4,65 g por planta. O autor obteve a quantidade máxima estimada de massa fresca da parte aérea das plantas (18,99 g) na intensidade luminosa estimada de 70,92 µmol m^{-2} s^{-1}, semelhantes aos deste trabalho.

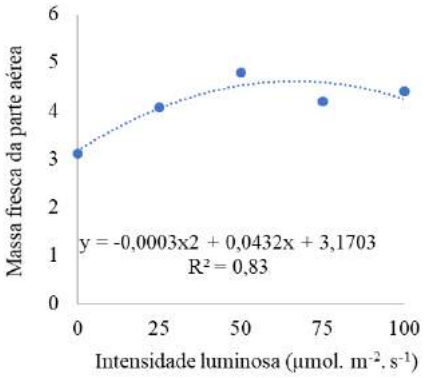


Figura 02. Massa fresca da parte aérea do morangueiro cultivar Dover aclimatizadas sob diferentes intensidades luminosas, após 105 dias de cultivo. URI Erechim 2017.

Para a variável massa fresca das raízes, pode-se observar um comportamento quadrático. A intensidade de fluxo de fótons máxima estimada foi de 59,75 µmol m^{-2} s^{-1} e a massa fresca máxima de 5g por planta (Figura 03). Rocha et al. (2016), avaliando diferentes intensidades de fluxo de fótons com lâmpadas LED's no cultivo de *Allium fistolosum* verificou que a melhor intensidade luminosa foi 56,6 µmol m^{-2} s^{-1}. Segundo Taiz & Zeiger (2004), isso pode estar relacionado a oxidação dos pigmentos fotossintéticos, clorofila a e b e carotenoides.

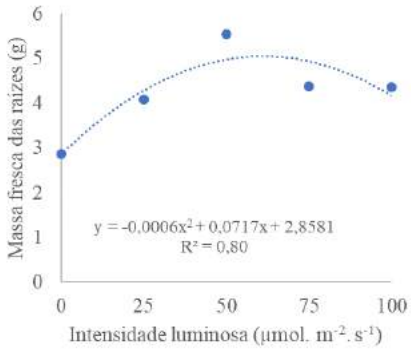


Figura 03. Massa fresca das raízes do morangueiro cultivar Dover após 105 dias de aclimatização sob diferentes intensidades luminosas. URI Erechim 2017.

Pode-se observar na Figura 04, o aspecto do desenvolvimento do sistema radicular e o tamanho das folhas das plantas aclimatizadas sob as diferentes intensidades luminosas. Visualmente, pode-se observar que as plantas cultivadas sob as diferentes intensidades luminosas apresentaram folhas e sistema radicular maior do que as cultivadas na ausência de luz artificial.

Figura 04: Aspecto das plantas de morangueiro cultivar *Dover* aclimatizadas sob diferentes intensidades luminosas, após 105 dias de cultivo. URI Erechim 2017.

4. CONCLUSÃO

Para as condições utilizadas no presente trabalho, pode-se afirmar que:

- O uso de LEDs contribuem positivamente para o crescimento da brotação de morangueiro e do sistema radicular na fase de aclimatização.

- A intensidade luminosas de 72 µmol. m^{-2}. s^{-1} foi considerada a mais adequada para formação da parte aérea, mas para o sistema radicular é 59 µmol. m^{-2}. s^{-1}.

5. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela apresentação deste artigo.

6. REFERÊNCIAS

Costa, H. e Ventura, J.A., 2004. Doenças do morangueiro: diagnóstico In: BALBINO, J.M.S. Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiro. Vitória: Incaper, p.39-56.

Grattapaglia, D. e Machado, M.A., 1998. Micropropagação. In: Torres, A.C.; Caldas, L.S.; Buso, J.A. Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília: Embrapa – SPI / Embrapa – CNPH, vol.1, p.183-260.

Hoagland and Arnon (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley, Calif.: University of California, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station.

Kim, S.J., Hahn, E.J., Heo, J.W. e PAEK, K. Y., 2004. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets in vitro. Scientia Horticulturae, Amsterdam, vol.110, p.143-151.

Murashige, T. e Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, vol.15, p.473-497.

Oliveira R.P., Brahm, R.U., Scivittaro, W.B., 2007. Produção de mudas de morangueiro em casa-de-vegetação utilizando recipientes suspensos. Horticultura Brasileira, vol.25, p.107-109.

Rocha, P.S.G., Coffy, T. F. S., Mosele, S. H. e Merlo, E. C., 2016. Diferentes intensidades de fluxo de fotóns com lâmpadas LEDs no cultivo hidropônico de cebolinha. In: XI Encontro Brasileiro de Hidroponia e III Simpósio Brasileiro de Hidroponia, 2016, Florianópolis. XI Encontro Brasileiro de Hidroponia, vol.1. p.79-85.

Taiz, L. e Zeiger, E., 2004. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, p.449-484.

Zonta, E. P. e Machado, A. A., 1992. SANEST – Sistema de análise estatística para microcomputadores. Manual do usuário. Pelotas: UFPel, 102p.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CULTIVO HIDROPÔNICO DE ALMEIRÃO SOB DIODOS EMISSORES DE LUZ (LEDS)

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

Diogo Vitale Canova
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
d_canova11@hotmail.com

Júlio César Brancher
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
juliobrancher@uricer.edu.br

Antonio Sergio do Amaral
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
msergio@uricer.edu.br

Sergio Henrique Mosele
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
msergio@uricer.edu.br

Matheus Tonello
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
matheus_tonello58@hotmail.com

Resumo. *O constante aprimoramento das técnicas de cultivo hidropônico de hortaliças se faz necessário para alcançar maior produtividade e rentabilidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes intensidades luminosas no cultivo hidropônico de almeirão. Mudas de almeirão cultivar Pão-de-Açúcar foram cultivadas em solução hidropônica de Hoagland & Arnon sob diferentes intensidades luminosas (0; 25; 50; 75 e 100 µmol m^{-2} s^{-1}, sendo zero a ausência de luz artificial). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dez repetições por tratamento. Após 50 dias de cultivo foram avaliados: número de folhas, altura de planta, comprimento das raízes, massa fresca da parte aérea e das raízes. As médias do fator intensidade luminosa foram analisadas por regressão polinomial. Verificou-se efeito significativo do fator intensidade luminosa para as variáveis massa fresca das raízes e número de folhas. Foi observado aumento da massa fresca das raízes das plantas cultivadas sob LEDs. A quantidade máxima de massa fresca das raízes do almeirão (27,77 g), foi obtida na intensidade luminosa de 71,22 µmol m^{-2} s^{-1}. Para a variável número de folhas, notou-se comportamento linear crescente à medida que a intensidade luminosa foi aumentada no ambiente de cultivo hidropônico.*

Palavra-chave: *qualidade de luz, hidroponia, Hoagland & Arnon.*

1. INTRODUÇÃO

O almeirão (*Cichorium intybus*) é uma Asteraceae muito semelhante à chicória da qual se diferencia por possuir folhas mais alongadas, mais estreitas, recobertas por pelos e com sabor amargo mais pronunciado (FILGUEIRA, 2008). De acordo com Khathounian (2001), o almeirão é superior à alface no ponto de vista nutricional por ser mais calórico e mais rico em proteínas, amido, fibras, cálcio, ferro e vitamina A, porém é uma das hortaliças menos estudadas no Brasil quanto ao comportamento das cultivares mais comercializadas.

Nos últimos anos no Brasil, vem crescendo o interesse pelo cultivo hidropônico de plantas, sendo o sistema NFT (Técnica do Filme de Nutrientes ou Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes), com maior aceitação por parte dos produtores. De acordo com Alvarenga (2013), este sistema é composto basicamente de um tanque de solução nutritiva, sistema de bombeamento, canais de cultivo e um sistema de retorno ao tanque, formando uma fina lâmina da solução nutritiva quando bombeada aos canais, irrigando as raízes. Contudo, afirma que existem algumas desvantagens, tais como a necessidade de conhecimentos básicos, monitoria constante nos sistemas elétricos e hidráulicos, maior

investimento na fase inicial do cultivo, se comparado com ao convencional, manutenção constante, acúmulo de matéria orgânica em alguns tipos de substratos a serem utilizados, disseminação rápida de microrganismos e pragas devido às condições favoráveis.

Embora o cultivo hidropônico seja uma técnica consolidada para algumas hortaliças, existe necessidade de constante refinamento. Sendo a qualidade da luz (comprimento de onda, fotoperíodo e intensidade de fluxo de fótons) nos ambientes de cultivo hidropônico um dos fatores a ser otimizado, por meio do uso de LEDs (Rocha et al., 2016).

Os primeiros LED's (*Light Emitting Diode*) foram desenvolvidos há mais de cem anos pelo pesquisador Russo Oleg Losev (Zheludev, 2007). Contudo, apenas no final dos anos noventa com a geração dos LED's de alto brilho é que se iniciou o maior interesse comercial. Os LEDs apresentam características impares em relação às fontes tradicionais, tais como: maior vida útil; não apresentam substâncias tóxicas como o mercúrio; não gera calor; apresentam comprimentos de ondas específicos; não emite radiação ultravioleta; permitem o controle do fluxo luminoso; por fim possui alta eficiência na transformação de energia elétrica em luz.

O uso de LED's como fonte de radiação no cultivo de plantas, tem despertado considerável interesse nos últimos anos, por estes também possuírem um vasto potencial para a aplicação comercial. De acordo com Nhut et al. (2003), este tipo de fonte de luz poderá contribuir para aumento da produtividade. Rocha et al. (2014), recentemente estudaram o uso de diferentes intensidades luminosas fornecidas por LED's, no ambiente de cultivo hidropônico de alface, observaram que o fornecimento de luz artificial favoreceu positivamente o crescimento e número de folhas de alface.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes intensidades luminosas fornecidas através de LEDs no cultivo hidropônico de almeirão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nas dependências da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Campus Erechim, Rio Grande do Sul. O cultivo hidropônico foi realizado utilizando-se bandejas com capacidade para 10 litros, contendo solução nutritiva de Hoagland & Arnon com pH ajusto para 6,5. O volume da solução hidropônica nas bandejas foi completado à medida que era absorvido pelas plantas.

Para o cultivo foram usadas mudas de almeirão da cultivar Pão-de-Açúcar com quatro folhas definitivas. Após a retirada do substrato das raízes em água corrente, as mudas foram transferidas para bandejas plásticas contendo a solução hidropônica, com aeração realizada com o auxílio de bombas de aquário disposta em cada bandeja de cultivo.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e dez repetições, sendo a unidade experimental constituída por uma planta. Os tratamentos foram constituídos por diferentes intensidades luminosas (0; 25; 50, 75 e 100 μmol m^{-2} s^{-1}) fornecidos por lâmpadas de LEDs compostas por 80% de LEDs vermelhos e 20% de LEDs azuis, sendo o tratamento controle, a ausência de luz artificial (Figura 1). O fotoperíodo utilizado foi de 16 horas. Após 50 dias de cultivo avaliou-se altura das plantas, número de folhas, comprimento das raízes, massa fresca da parte aérea e das raízes.

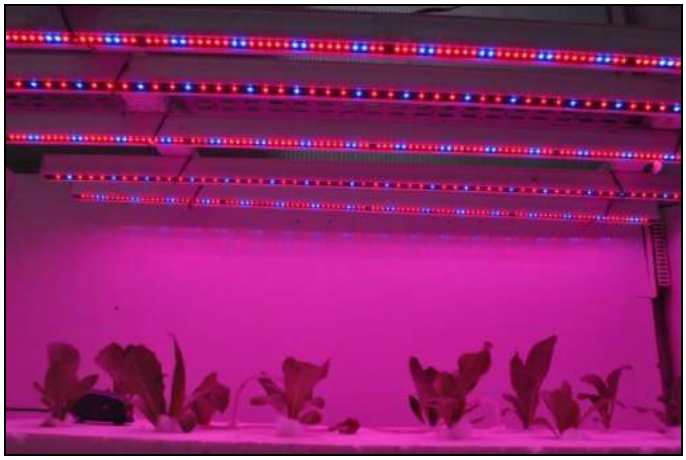


Figura 1. Aspecto do cultivo hidropônico de almeirão sob a intensidade de luminosa de 100 μmol m^{-2} s^{-1}, fornecida por diodos emissores de luz (LEDs). URI Erechim, 2017.

Os dados obtidos foram submetidos a análise da variância utilizando o programa SANEST (Sistema de Análise Estatística). As médias do fator intensidade luminosa foram analisadas por regressão polinomial. Os dados relativos a números de folhas foram transformados em $(x + 0,5)^{½}$, enquanto as variáveis comprimento da parte aérea e das raízes, massa fresca da parte aérea e das raízes não foram transformados. Para as análises estatísticas, foram adotados 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fator intensidade luminosa foi significativo para as variáveis massa fresca das raízes e número de folhas formadas por planta. Para a variável massa fresca das raízes, pode-se observar (Figura 2), um comportamento quadrático à medida que a intensidade luminosa foi aumentada. Observa-se que ocorreu um aumento na massa fresca das raízes, sendo a quantidade máxima (27,77 g), obtida na intensidade luminosa estimada de 71,22 µmol m^{-2} s^{-1}. Rocha et al. (2016) avaliando o cultivo hidropônico de cebolinha sob as mesmas intensidades luminosas verificaram que a intensidade ótima para o cultivo hidropônico foi 75 µmol m^{-2} s^{-1}.

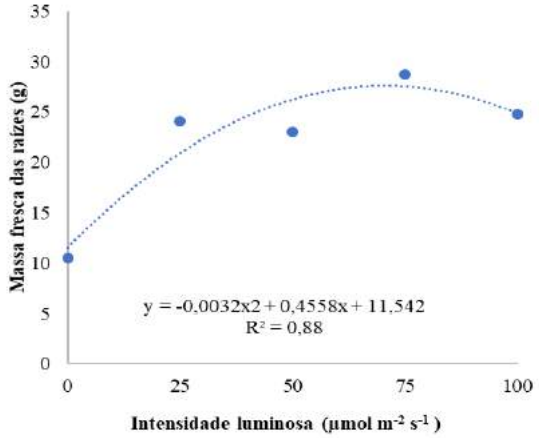


Figura 2. Massa fresca das raízes de almeirão cultivado em solução hidropônica de Hoagland & Arnon, mantido sob diferentes intensidades luminosas fornecidas por LEDs, após 50 dias de cultivo. URI Erechim, 2017.

Em relação a variável número de folhas por planta (Figura 3), pode-se observar uma resposta linear crescente, de tal forma que à medida que a intensidade luminosa foi aumentada no ambiente de cultivo ocorre aumento gradual no número de folhas formadas. Avaliando o cultivo hidropônico de alface sob diferentes intensidades luminosas com LEDs, as mesmas testadas no presente trabalho, Rocha et al. (2016) obtiveram em média cinco folhas a mais do que o tratamento controle.

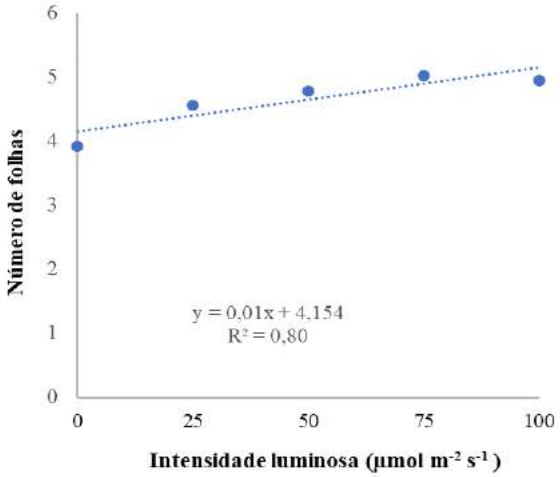


Figura 3. Número de folhas de almeirão cultivado em solução hidropônica de Hoagland & Arnon, mantidos sob diferentes intensidades luminosas fornecidas por LEDs, após 50 dias de cultivo. URI Erechim, 2017.

4. CONCLUSÃO

Para as condições de cultivo utilizadas no experimento, pode-se inferir que os LEDs apresentaram efeito significativo sobre a massa fresca das raízes e número de folhas do almeirão. Sendo a intensidade estimada, mais adequada para o cultivo hidropônico, de 71 μmol m^{-2} s^{-1}.

5. REFERÊNCIAS

Alvarenga, M.A.R. Tomate: Produção em Campo, Casa de Vegetação e Hidroponia. 2. ed. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013.

Filgueira, F.A.R. Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 421p.

Hoagland and Arnon (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley, Calif.: University of California, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station.

Khathounian, C.A. Almeirão: minha doce vida amarga. Agroecologia 2. 2001. p.11-12.

Nhut, D.T.; Takamura, T.; Watanabe, H. & Tanaka, M. 2003. Efficiency of a novel culture system by using light-emitting diode (led) on in vitro and subsequent growth of micropropagated banana plantlets. Acta Horticulturae, 616p, p.121-127.

Rocha P.S.G.; Santos, A.C.; Menegatti, P.W.S.; Amaral, A.S.; Rodrigues, A.P.C. Produção de alface hidropônica sob diferentes intensidades luminosas com LED's. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 53. Palmas: ABH, 2014.

Rocha, P.S.G.; Coffy, T.F. e Mosele, S.H. Cultivo hidropônico de alface sob diodos emissões de luz (LEDs). Encontro Brasileiro de Hidroponia, Florianópolis, 2016. p.83-86.

Zheludev, N. The life and times of the LED- a 100-year history, Nature Photonics, v.1, p.189-192, 2007.

5. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela apresentação deste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CONTROLE *IN VITRO* DE *Colletotrichum lindemuthianum* COM *Trichoderma* spp.

Renata Fontana Favaretto
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: renataffavaretto@gmail.com

Marlove Fatima Briao Muniz
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: marlovemuniz@yahoo.com.br

Felipe Vedovatto
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: felipevedovatto@yahoo.com.br

Tales Poletto
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: tecnicotales@hotmail.com

Clair Walker
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: clairwalker@gmail.com

Jaqueline R. Tomm Krahn
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: jaquetomm@hotmail.com

Vinícius Spolaor Fantinel
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil.
e-mail: vinispofan@hotmail.com

Resumo. *O feijão é um dos principais alimentos consumidos pelos brasileiros e, portanto, possui grande importância econômica no país. Uma das doenças mais importantes que acomete a cultura é a antracnose, causada pelo fungo Colletotrichum lindemuthianum e seu controle é feito, principalmente, por aplicação de fungicidas químicos e, dessa forma, estudos que busquem alternativas para o controle da doença se fazem necessários. Nessa condição encontra-se o gênero fúngico Trichoderma, que possui potencial conhecido para controle biológico de várias doenças de plantas. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência, in vitro, de Trichoderma spp. (isolados E33 e E36) e a formulação comercial Ecotrich® no controle de C. lindemuthianum. A avaliação foi feita através da escala de notas proposta por Rodrigues e pelo percentual de inibição do crescimento micelial do patógeno, ao sétimo dia. Após as avaliações, concluiu-se que Trichoderma spp., tanto os isolados E33 e E36 como a formulação comercial Ecotrich®, é um agente potencial no controle de Colletotrichum lindemuthianum.*

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris, antracnose, antagonismo, controle biológico*

1. INTRODUCÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é um dos principais alimentos consumidos pelos brasileiros, por ser rico em nutrientes e por estar inserido na cultura do país. Também, possui importância econômica, sendo a terceira cultura de grãos mais produzida no Brasil, alcançando uma produção de 3354,1 mil toneladas (Companhia Nacional de Abastecimento, 2017), além de que o país é o principal produtor do Mercosul (Companhia Nacional de Abastecimento, 2016).

A cultura apresenta várias doenças que prejudicam o seu desenvolvimento e a sua produtividade, destacando-se a antracnose causada por *Colletotrichum lindemuthianum*, que ocorre em locais de alta umidade e temperatura baixa a moderada, apresentando sintomas em toda a parte aérea da planta e, infectando também as sementes (Bianchini, *et al*.,

2005). Esse fungo possui grande variabilidade patogênica e a produção de conídios não é sua via principal de sobrevivência, porque a viabilidade desses esporos diminui rapidamente (Menezes, 2006). Entretanto, o patógeno pode sobreviver nos restos culturais, como saprófita ou nas sementes contaminadas, que constitui sua principal via de sobrevivência e disseminação (Bianchini, *et al*., 2005).

O controle desse gênero fúngico é feito através da utilização de sementes sadias, com tratamento de fungicidas químicos nas sementes e na parte aérea, durante o ciclo da cultura, ou com cultivares resistentes (Bianchini, *et al*., 2005). No entanto, o uso de produtos químicos propicia a resistência do patógeno por meio de seleção de raças, além de ser um potencial agente de poluição para o ambiente. Desse modo é necessário o desenvolvimento de pesquisas que busquem alternativas para o controle dessa doença.

Como alternativa de controle biológico para diversas doenças encontra-se o gênero *Trichoderma*. Esse é conhecido por sua capacidade em parasitar fungos patogênicos (Howel, 2003). *Trichoderma* spp. vem sendo usado, comercialmente, no biocontrole de agentes causadores de doenças nas plantas desde 1990, sendo que além da possibilidade de indução de resistência na planta a fatores bióticos, em alguns casos, há a resistência a estresses abióticos. Essa resistência é semelhante ao processo de resistência adquirida e se dá devido ao aumento na expressão de determinados genes relacionados com a defesa da planta (Harman, *et al*., 2004).

A competição por espaço físico e nutrientes caracteriza um dos principais recursos utilizados por *Trichoderma* spp., devido sua agilidade, quanto ao crescimento, colonização e agressividade, impedindo o estabelecimento de certos patógenos (Vinale, *et al*., 2008). Outro recurso é a produção de enzimas e antibióticos pelo fungo, e essa é influenciada pelo substrato e temperatura, além da interação com outros organismos da microflora do solo (Howel, 2003). Ainda há outras possibilidades como micropredatismo, que é o ataque direto sobre o patógeno, a antibiose, sendo a produção de compostos tóxicos voláteis ou não, e a modificação da rizosfera, o que impossibilita a colonização por patógenos (Ribeiro, 2009).

Diante disso, há a necessidade do desenvolvimento de novos estudos sobre o controle da antracnose em feijoeiro que busquem vias alternativas à aplicação de fungicidas químicos. Nessa condição, encontra-se o gênero *Trichoderma*, que possui potencial conhecido para controle biológico de várias doenças de plantas. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência do controle *in vitro* de *Colletotrichum lindemuthianum* com *Trichoderma* spp.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos isolados

Os isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* foram coletados de plantas de feijoeiro com sintomas de antracnose nos municípios de Santa Maria e Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Foi utilizado o isolamento direto, em que os conídios são transferidos diretamente para o meio de cultura. Esses foram coletados da lesão da vagem infectada, com o auxílio de uma agulha esterilizada, e transferidos para placas de petri contendo meio de cultura BDA.

As placas foram mantidas em câmara de crescimento tipo BOD, com temperatura de 20ºC e fotoperíodo de 24 horas. Após o crescimento, a colônia foi purificada conforme a técnica de cultura monospórica, transferindo-se apenas um esporo germinado para placa de petri com meio de cultura Mathur (peptona ($2{,}0 g.L^{-1}$), Dextrose ($2{,}8 g.L^{-1}$), MgSO4 ($1{,}73 g.L^{-1}$), KH2PO4 ($2{,}72 g.L^{-1}$) e ágar ($20 g.L^{-1}$)) (Rey, *et al*., 2005). Para o presente trabalho foi utilizado um isolado de *Colletotrichum lindemuthianum* de cada procedência.

Como biocontrole foram empregados a formulação comercial Ecotrich® (à base de *Trichoderma harzianum*) e dois isolados, E33 e E36, disponibilizados pela micoteca do laboratório de Fitopatologia "Elocy Minussi", do Departamento de Defesa Fitossanitária, do Centro de Ciências Rurais, da Universidade Federal de Santa Maria. O antagonista foi cultivado em meio de cultura BDA, e mantido em BOD com temperatura de 20°C e fotoperíodo de 12 horas, por sete dias.

2.2 Confronto direto

O método de confronto direto foi empregado para testar o efeito antagonista de *Trichoderma* spp. sobre o crescimento micelial de *C. lindemuthianum*. O experimento contou com dois isolados de *C. lindemuthianum*, Coll. SM e Coll. PA, e três isolados de *Trichoderma* spp., Ecotrich®, E33 e E36, sendo quatro repetições de cada tratamento, organizados conforme a Tab. 1, e uma testemunha com quatro repetições para cada isolado do patógeno.

Tabela 1. Composição dos tratamentos do confronto direto entre isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* e *Trichoderma* spp.

Trat.	*Colletotrichum lindemuthianum*	*Trichoderma*	Trat.	*Colletotrichum lindemuthianum*	*Trichoderma*
T1	Coll. SM	Ecotrich®	**T4**	Coll. PA	Ecotrich®
T2	Coll. SM	E33	**T5**	Coll. PA	E33
T3	Coll. SM	E36	**T6**	Coll. PA	E36

Para a condução do experimento foram transferidos discos de meio de cultura contendo micélio do patógeno purificado (item 2.1) para placas de petri com meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar, BDA. Essas permaneceram oito dias em câmara de crescimento BOD, a 25°C, com fotoperíodo de 12h, para que pudessem competir com o antagonista, já que seu crescimento é muito lento. No oitavo dia, transferiram-se os discos de meio de cultura contendo micélio do antagonista, *Trichoderma* spp. (item 2.1), no lado oposto ao do patógeno na placa. O pareamento de culturas foi avaliado durante sete dias, após a transferência do antagonista para as placas contendo o patógeno.

Para avaliação de inibição do crescimento do patógeno mediu-se seu crescimento diário. O percentual de inibição de crescimento micelial foi calculado através da formula: % de inibição = [(R1 – R2) / R1] x 100, onde: R1 = crescimento radial da testemunha; R2 = crescimento radial do tratamento (Jeyaseelan, *et al*., 2012). Também foi feita avaliação pela escala de Rodrigues (2010) (Figura 1), que amplia a diferenciação entre os isolados de antagonistas.

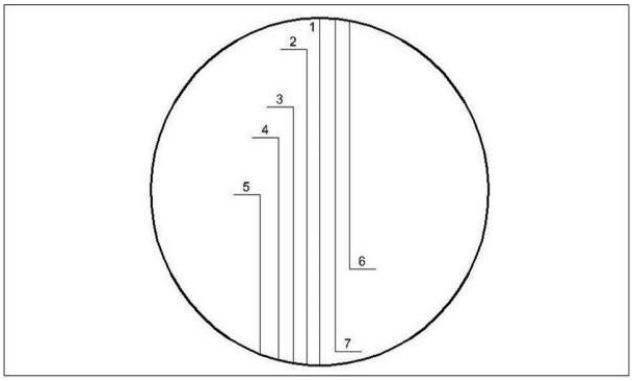


Figura 1. Gabarito com a escala utilizada para atribuição das notas no teste de confrontação direta de cultura. Sendo que: "nota 1" - o antagonista cresce sobre toda a placa de petri e sobre o disco do patógeno; "nota 2" - o antagonista cresce sobre toda a placa de petri, porém não sobrepõe-se sobre o disco do patógeno; "nota 3" - o antagonista cresce sobre ¾ da placa; "nota 4" - o antagonista cresce sobre 2/3 da placa; "nota 5" - o antagonista e o patógeno crescem até a metade da placa; "nota 6" - o patógeno cresce sobre 2/3 da placa; "nota 7" - o patógeno cresce por toda placa de petri (Rodrigues, 2010).

2.3 Delineamento experimental

O experimento foi composto por seis tratamentos e pelas testemunhas de cada isolado do patógeno, com quatro repetições cada, sendo o delineamento experimental inteiramente casualizado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Confronto direto entre *Colletotrichum lindemuthianum* e *Trichoderma* spp.

No confronto direto, os isolados de *Trichoderma* spp. (E33 e E36) e a formulação comercial Ecotrich® mostraram-se agentes potenciais de biocontrole para ambos os isolados de *C. lindemuthianum* testados, quando avaliados pela escala de notas proposta por Rodrigues (2010). Todos os tratamentos obtiveram nota igual a 1,00, correspondendo à ocupação completa da placa pelo antagonista, inclusive sobre o disco do patógeno (Tabela 2) (Figura 2).

Tabela 2. Resultado da avaliação do pareamento de culturas entre *Colletotrichum lindemuthianum* e *Trichoderma* spp. a partir da escala de Rodrigues, 2010.

Isolados	***Trichoderma* spp.**			
	Ecotrich	**E33**	**E36**	**Testemunha**
Coll. SM	1	1	1	-
Coll. PA	1	1	1	-

Onde: Ecotrich® (*T. harzianum*): produto comercial; E33, E36: isolados de *Trichoderma* spp.; *Colletotrichum* SM e *Colletotrichum* PA: isolados de *C. lindemuthianum*.

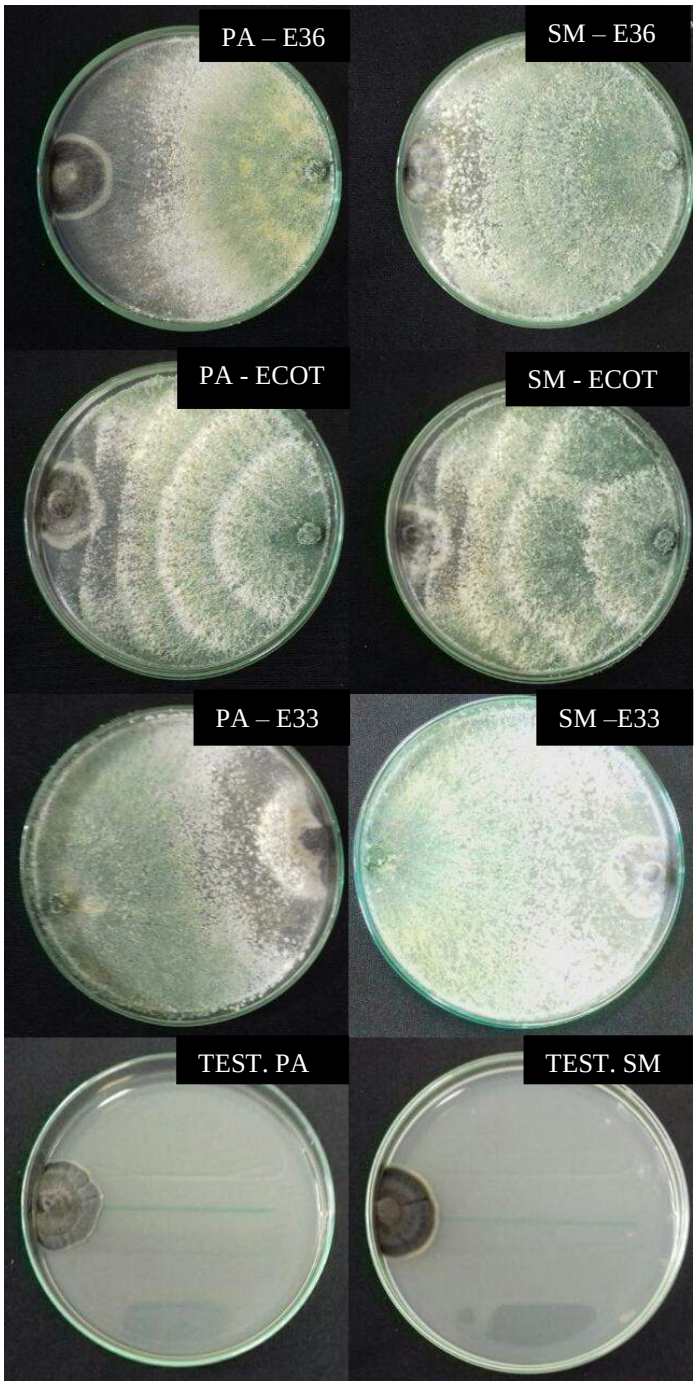


Figura 2. Confronto direto entre *Trichoderma* spp. e *Colletotrichum lindemuthianum* e testemunhas, ao sétimo dia de avaliação.

Através do cálculo de percentual de inibição, percebeu-se que a agressividade de cada antagonista foi diferente para cada isolado do patógeno. O controle mais agressivo para o isolado Coll.-SM foi o *Trichoderma* E36, apresentando inibição de 22,76%, e para o isolado Coll.-PA foi o produto comercial Ecotrich®, com percentual de inibição de 15,17%. Os antagonistas menos agressivos foram E33, para Coll.-SM, e E36, para Coll.-PA, com inibição de 7,54 e 7,84%, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Percentual de inibição de crescimento micelial do patógeno, avaliado ao sétimo dia.

Isolados	***Trichoderma* spp.**			
	Ecotrich (%)	**E33 (%)**	**E36 (%)**	**Testemunha (%)**
Coll. SM	18,26	7,54	22,76	0.00
Coll. PA	15,17	12,67	7,84	0.00

Portanto os antagonistas utilizados neste trabalho possuem potencial para controle do fungo *Colletotrichum lindemuthianum, in vitro.* Em outro estudo, realizado por Bonett, *et al*., (2013), também concluiu-se que os isolados de *Trichoderma viride, T. koningii* e *T. virens* foram capazes de inibir o crescimento de *C. lindemuthianum in vitro*. Padder e Sharma (2011) verificaram que espécies de *Trichoderma* inibiram o crescimento in vitro de *C. lindemuthianum* e favoreceram as plântulas de feijão em experimento *in vivo*, destacando-se o *T. viride*. Pedro, *et al.*, (2012), observou que isolados de *Trichoderma* foram responsáveis por aumentar a massa seca da parte aérea das plantas de feijão e reduzir a severidade da doença, antracnose, em experimento *in vivo*.

Para que se possa recomendar o uso a campo de um controlador biológico, é importante que esse seja testado em condições ambientais controladas *in vitro*. Assim, utiliza-se menos tempo, material e espaço, selecionando apenas os isolados que apresentam potencial para um controle eficiente para testes *in vivo* (Rabuske, 2016). Sendo assim, é visível que, embora as características próprias de cada espécie de patógeno e de antagonista tenham diferido entre si, o gênero *Trichoderma* possui potencial para controle de doenças fúngicas em diversas culturas, incluindo a do feijoeiro.

4. CONCLUSÃO

O gênero fúngico *Trichoderma* spp., foi eficiente no controle *in vitro* do agente causal da antracnose, *Colletotrichum lindemuthianum*, em feijoeiro.

5. REFERÊNCIAS

Bianchini, A., Maringoni, A. C. e Carneiro, B. S. M. T. P. G., 2005. *Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas.* São Paulo: Agronômica Ceres, Vol. 2, p. 333-349.

Bonett, L. P., Corrêa, M. S. G., Pozza-Júnior, M. C., Rosa, T. B. e da Silva, L. I., 2013. "Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma* spp. contra agente causal da antracnose em feijoeiro comum". *SaBios: Revista Saúde e Biologia*, Vol. 8, n.1, p.27-35.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), 2017. "Acompanhamento de safra brasileira: grãos. Safra 2016/2017. Décimo primeiro levantamento". *Companhia Nacional de Abastecimento*, Brasília, Vol. 4. n. 11, p. 1-171, agosto 2017.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), 2016. "Perspectivas para a agropecuária. Safra 2016/2017". *Companhia Nacional de Abastecimento*, Brasília, Vol.4, p. 1-129.

Harman, G. E., 2004. "*Trichoderma* not just for biocontrol anymore". *Phytoparasitica*, Bet Dagan, Vol. 39, p. 103-108.

Howel, C. R., 2003. "Mechanisms Employed by *Trichoderma* Species in the Biological Control of Plant Diseases: The History and Evolution of Current Concepts". *Plant Disease*, Minnesota, Vol. 87, n. 1, p. 10.

Jeyaseelan, E. R., Tharmila, S. e Niranjan, K., 2012. "Antagonistic activity of *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. against *Pythium aphanidermatum* isolated from tomato damping off". *Archives of Applied Science Research*, Vol. 4, n. 4, p. 1623-1627.

Menezes, M., 2006. "Aspectos biológicos e taxonômicos de espécies do gênero *Colletotrichum*". *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, Vol. 3, p.170-179.

Menezes, M., 2002. "Aspectos biológicos e taxonômicos de espécies do gênero *Colletotrichum*". *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, Vol. 27, p. 23-27.

Padder, B. A. e Sharma, P. N., 2011. "*In vitro* and *in vivo* antagonism of biocontrol agents against *Colletotrichum lindemuthianum* causing bean anthracnose". *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, Vol. 44, n. 10.

Pedro, E. A. de S., Harakava, R., Lucon, C. M. M. e Guzzo, S. D., 2012. "Promoção do crescimento do feijoeiro e controle da antracnose por *Trichoderma* spp". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, Vol. 47, n. 11, p. 1589-1595.

Rabuske, J. E., 2016. "*Colletotrichum* sp. causando mancha foliar em *Cassia fistula* L.: patogenicidade, morfologia, caracterização molecular e controle *in vitro*". *Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)*, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

Rey, M. dos S., Balardin, R. S. e Pierobom, C. R., 2005. "Reação de Cultivares de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) a patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum*". *Revista Brasileira Agrociência*, Pelotas, Vol. 11, n. 1, p. 113-116.

Ribeiro, T. da S., 2009. "O fungo *Trichoderma* no controle de fitopatógenos: Dificuldades e Perspectivas". *Monografia (Curso de Pós-graduação Lato Sensu "Tecnologias Inovadoras no Manejo Integrado de Pragas e Doenças de Plantas")*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L. e Lorito, M, 2008. "*Trichoderma*-plant-pathogen interactions". *Soil Biology and Biochemistry*, Nottingham, Vol. 40, p. 1-10.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

TESTES DE VIABILIDADE EM SEMENTES DE SOJA SALVAS NO MUNICÍPIO DE CENTENÁRIO – RS

Samara Carla Serafini
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
samara_serafini@hotmail.com

Júlio Cesar Bracher
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI. Rod. RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim-RS
juliobrancher@uricer.edu.br

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

Resumo. *A cultura do soja é destaque no cenário nacional agrícola, e tem extrema importância para a economia do país. Por ser uma cultura de alto poder econômico, busca-se um bom manejo e novas tecnologias como incentivo para multiplicar a produção. Este trabalho avaliou a viabilidade de sementes de soja salvas no município de Centenário – RS, localizado no norte do estado, por cinco produtores rurais. O experimento foi conduzido no laboratório de sementes da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Erechim, no período de abril de 2017 à junho de 2017. As variáveis avaliadas foram: o potencial germinativo e o vigor de sementes de soja salvas no município. Os testes que viabilizaram a qualidade de sementes foram: teste de germinação, teste em areia, teste de envelhecimento precoce e teste de adversidade climática. Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística. Dos cinco produtores, três deles apresentaram respostas positivas quanto à germinação e vigor. Após a apresentação dos dados e resultados, foi definido que a produção da própria semente é viável se os produtores tiverem em mente boas práticas de armazenagem e manejo, viabilizando salvar as sementes.*

Palavras-chave: *Sementes salvas, produção de sementes, qualidade fisiológica*

1. INTRODUÇÃO

Uma das culturas mais importantes e em destaque no cenário agrícola é a soja [*Glycine max* (L.) Merrill], sendo o Brasil o segundo colocado no ranking dos países que mais produzem soja no mundo e, considerado o principal produto de sustentação da balança comercial brasileira.

O grande papel da soja é a obtenção de seus derivados, principalmente o farelo e o óleo vegetal, tanto para o mercado interno como para o externo. Em nível mundial, a soja é a principal fonte de óleos vegetais, além de produzir mais proteínas por hectare que qualquer outra espécie cultivada (Manara, 1988).

Nesse sentido, evidencia-se a importância da semente da soja de alta qualidade e produtos que possibilitem melhoria do desempenho destas no campo, pois esses fatores são de suma importância para obter bons resultados.

Devido a essa grande importância econômica que a soja tem, precisa-se de cuidados especiais para a produção das sementes utilizadas no cultivo. Para isso, em 1956 surgiram às primeiras normas para análises de sementes, e em 1967 foi publicado pelo Ministério da Agricultura as Regras para Análise de sementes (RAS), elaboradas com base nas regras da Associação de Analistas Oficiais de Sementes (AOSA) e na Associação Internacional de Análise de Sementes (ISTA).

Além dos métodos que são descritos pelas Regras de Análise de sementes (RAS), como testes de germinação e de tetrazólio, outros testes estão a disposição para complementar a análise de qualidade, como testes de vigor que servem para detectar diferenças na qualidade fisiológicas de lotes com germinação semelhante e diferenciam lotes de alto e baixo vigor.

Para uma boa produção agrícola a qualidade das sementes é primordial. Ao adquirir ou produzir sua própria semente, o agricultor deixa de ter a real garantia do produto, assumindo riscos, como a baixa qualidade sanitária e vegetal, além de deixar as lavouras expostas a riscos fitossanitários.

Cada vez mais as empresas produtoras de sementes estão investindo em altas tecnologias, lançando no mercado sementes com alta carga genética, mais adaptáveis e produtivas, com uma boa diversidade de benefícios para o

produtor. cada ano que passa surgem diferentes cultivares que estão disponíveis para o agricultor. junto com cada cultivar lançada vem um posicionamento a respeito, fruto de pesquisas aprofundadas evidenciando seu poder germinativo, época de semeadura e população de plantas, recomendações importantes para se obter excelentes resultados.

Esses benefícios só serão possíveis se o produtor comprar essa tecnologia (sementes), ao contrário disso, se o produtor optar por fazer o uso de sementes próprias, produzidas fora dos padrões exigidos e utilizar as "sementes salvas" poderá ser desfavorecido em relação as tais tecnologias.

O uso da prática de salvar sementes no município de Centenário- RS é comum entre os agricultores, na maioria, agricultores familiares que, carente de recursos para adquirir bens de produção sabem que podem utilizar o seu grão produzido como semente, desta forma reduzindo os seus custos de produção. Essa semente pode ser produzida em casa, porém o grande obstáculo é a garantia da eficiência produtiva.

Centenário é um pequeno município localizado no norte do estado do Rio Grande do Sul, com uma população de 3.026 habitantes, numa área de aproximadamente 134,449 km², sendo estritamente agrícola, onde 95% da renda provém da agricultura (Ibge, 2015).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Sementes da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus de Erechim no período de abril de 2017 a junho de 2017.

As cultivares de soja salva utilizadas para as análises foram, Morgan 5D555 (Produtor 1), TMG Intacta (Produtor 2), Nidera 5909 (Produtor 3), Nidera 6006 (Produtor 4) e BRX Elite (Produtor 5), provenientes de cinco produtores do município de Centenário-RS que guardam as suas próprias sementes, ou seja, que produziram as chamadas "sementes salvas" na safra de 2017.

As condições de armazenagem dessas sementes na maioria das propriedades eram em bags nos seus armazéns, com um estrado de madeira colocado embaixo deles para manter afastado do piso e ter uma boa circulação de ar.

A qualidade das sementes salvas de soja foi determinada através dos testes de germinação e vigor (Germitest, teste em areia, envelhecimento precoce e teste de adversidade climática).

As amostras foram coletadas nos cinco produtores do município de Centenário-RS. Os produtores, nos quais coletou-se as amostras, foram selecionados aleatoriamente, conforme a colheita da semente era realizada. A amostra média foi primeiramente homogeneizada. A amostra de trabalho pode ser obtida tanto por divisões sucessivas como por separação e subsequente combinação, ao acaso, de pequenas porções.

Um dos métodos para separação das amostras é a utilização de quarteadores multicanais, que são empregados na obtenção de amostras de trabalho reduzidas e representativas do lote de grãos ou sementes em análise.

O funcionamento dos Quarteadores Multicanais é totalmente independente do operador e está baseado na sobreposição de três, quatro ou cinco quarteadores simples em forma de cascata, proporcionando grande precisão e transparência na obtenção da amostra de trabalho.

Foi determinado o teor de umidade nas cinco variedades de soja com um medidor de umidade automático para grãos, onde foi determinado os seguintes valores conforme a tabela abaixo:

Tabela 1. Teor de Umidade nas Variedades de Soja.

Variedades	Teor de Umidade
Produtor 1 (Morgan 5D55)	15,3%
Produtor 2 (TMG Intacta)	13,6%
Produtor 3 (Nidera 5909)	13,2%
Produtor 4 (Nidera 6006)	13,1%
Produtor 5 (BRX Elite)	11,9%

O teste de germinação foi realizado sobre papel Germitest umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, em germinador tipo incubadora B.O.D. (Demanda Bioquímica de Oxigênio) regulado a uma temperatura constante de 25 ºC. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, com a contagem em percentagem de plântulas normais, conforme a RAS (Brasil, 1999) no sétimo dia.

O teste de germinação em areia foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, utilizando como substrato a areia esterilizada umedecida e com água até 60% da sua capacidade de retenção. Foram mantidas em temperatura ambiente, 25ºC conforme RAS, Brasil (2009). A contagem das plântulas foi realizada no sétimo dia.

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado em caixas tipo gerbox, com três repetições de 50 sementes, distribuídas uniformemente sobre uma tela e sobreposta a uma lâmina de 40 mL de água destilada garantindo a umidade relativa do ar necessária. Em seguida, as sementes foram submetidas à temperatura constante entre 40ºC e 45ºC, por 48 horas, conforme descrito por Marcos Filho (1994). Ao término desse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito anteriormente em Germitest e a contagem realizada cinco dias após a semeadura, totalizando um período de sete dias.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualisado com 4 tratamentos e 4 repetições para os testes em Germitest e em areia, três repetições para o teste de adversidade climática e envelhecimento precoce. As variáveis avaliadas foram a porcentagem da germinação e do vigor e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando o programa Sanest - Sistema de Análise Estatística e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável teste de germinação da semente de soja, pode-se observar na tabela 2 que as sementes armazenadas pelos produtores 1; 2 e 5 apresentaram-se superiores àquelas dos produtores 3 e 4, observou-se também que não ocorreu diferença entre elas. O resultado obtido com as sementes dos produtores 1; 2 e 5 pode ser atribuído à fatores como o controle fitossanitário eficiente da lavoura de soja, a percentual de umidade no momento da colheita e por fim a regulagem da colhedora.

Em relação a variável teste de germinação em areia, pode-se observar ainda na mesma tabela que o produtor 4 obteve uma menor emergência de plântulas comparado ao produtor 2, mostrando um poder germinativo abaixo do recomendado, no qual seria 80%. Os produtores 1, 2, 3 e 5 apresentarão um bom stand de plântulas a campo, possibilitando assim uma lavoura uniforme.

Quanto ao teste de envelhecimento precoce, avaliou o grau de tolerância das sementes à temperatura e umidade relativa elevadas. Pode-se observar na tabela 2 que todas as cultivares apresentaram um vigor abaixo do recomendado, que é acima de 75 %, conforme a recomendação da Embrapa/Soja, ou seja, em campo apresentarão dificuldades se submetidas a esses estresses.

Para o teste de adversidade climática as sementes dos produtores 3 e 4 apresentaram médias inferiores aquelas dos produtores produtores 1, 2, e 5. Isto indica que essas sementes quando submetidas a adversidades em campo não terão o mesmo desempenho e vigor.

Tabela 2. Médias do teste de germinação em papel germitest, germinação em areia, teste de envelhecimento precoce e teste de adversidade climática.

Produtor	Variáveis			
	Germitest	Areia	Env. Precoce	Adv. Climática
Produtor 1	78.72 a	81.43 ab	61.39 a	60.72 a
Produtor 2	83.44 a	85.27 a	73.04 a	63.27 a
Produtor 3	69.16 b	70.43 ab	71.82 a	59.93 ab
Produtor 4	62.98 b	68.60 b	60.07 a	43.76 b
Produtor 5	81.87 a	80.73 ab	74.32 a	73.65 a
CV (%)	4,12	7,69	10.39	10.37

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

4. CONCLUSÕES

O trabalho confirmou que dos cinco produtores, três deles terão um bom stand uniforme de plantas, o que contribuirá para uma boa produtividade da lavoura. Portanto, pode-se afirmar que a prática de salvar sementes é viável, se os produtores efetuarem práticas adequadas na colheita, como: regulagem da colhedora, condições climáticas adequadas, umidade adequada das sementes ou realizarem a secagem de forma correta, assim como tiverem boas condições de armazenamento após a colheita.

No caso dos produtores cujas sementes apresentaram baixo vigor e germinação, o fato pode estar relacionado às condições intrínsecas das sementes: sanitárias, genéticas, fisiológicas, ou ter relação com o manejo, o que é bem provável. Porém, há necessidade de uma pesquisa específica para certificar essa afirmação.

5. REFERÊNCIAS

Amaral, A.S. e Peske, S.T., 1999. Testes para avaliação rápida da qualidade fisiológica de sementes de trigo. Revista Brasileira de Agrociência, vol.6, n.1, p.12-15.

Brasil, 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS, 399p.

Dutra, A.S. e Vieira, R.D., 2004. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. Ciência Rural, vol.34, n.3, p.715-721.

Höfs, A., Schuch, L.O.B., Perske, S. T. e Barros, A.C.S.A., 2004. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta á qualidade fisiológica de sementes. Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, vol. 26, n.1, p.92-97.

Ibge, 2017. "Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística". Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 15 maio de 2017. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>.

Roberts, E.H,. e Ellis, R.H., 1989. Effects of seed ageing on growth and yield of spring wheat at different plant-population densities. Field Crops Research, Bucks, vol.20, p.175-190.

Manara, N.T.F. 1988. Origem e expansão. In: Santos, O.S. (coord.). A cultura da soja 1. Rio de Janeiro: Globo, p.13-23

Marcos Filho, J., 1999. Teste de envelhecimento acelerado. In: Krzyzanowsky, F. C. et al. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, p. 3.1-3.24.

McDonald, M.B. A, 1975. review and evaluation of seed vigor tests. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts. 65:109-139.

Pinthus, M. J. e Kimel, U., 1979. Speed of germination as a criterion of seed vigor in soybeans. Crop Science, vol.19, n.2, p.291-292.

Tekrony, D.M., Egli, D.B. e Wickham, D.A., 1989. Corn seed vigor effect on no-tillage field performance. II. Plant growth and grain yield. Crop Science, vol.29, p.1528-1531.

6. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pela apresentação deste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PRODUTIVIDADE DO AZEVÉM POTRO COM DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO

Silvio Antonio Osowski
César Valdir Ronsoni
Maike Patrik Mosna
Thiago Zago Bonafin
Junior Grzybowski
Mauricio Valentini Semense
Dilvan Samuel Do Nascimento
Joice Zuanazzi Benetti
Tairine Ruffato
Douglas Cibulski
Amito José Teixeira

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

Emails: silvioosowski@gmail.com, cesarronsoni@hotmail.com, maikimosna81@gmail.com, thiago2bonafin@gmail.com, giboskyjunior@hotmail.com, mauricio.semense@hotmail.com, dilvansn@hotmail.com, bi_benetti@hotmail.com, vonepollo@hotmail.com, douglas_cibulski@hotmail.com, amito@uricer.edu.br

Resumo: *No Rio Grande do Sul, as pastagens nativas são a base da alimentação da bovinocultura de corte, sendo que na bovinocultura de leite tem-se utilizado de glebas com forrageiras cultivadas, uma vez que, durante o inverno, as baixas temperaturas e as geadas reduzem a disponibilidade e a qualidade da pastagem nativa. Para suprir essa deficiência alimentar são utilizadas pastagens temperadas, sendo o azevém, em cultivos puros e em mistura, largamente usados. O azevém Potro (Lolium multiflorum) é um azevém tetraploide anual, com ciclo longo de produção vegetativa, destaque para o ciclo longo, ideal para regiões de maior altitude (acima de 700m) com inverno mais rigoroso, oferecendo forragem por 7 meses em pastejo. O SuperN 45 é um novo conceito em Fertilizante Nitrogenado capaz de fornecer Nitrogênio no momento exato da necessidade da planta, independente das condições climáticas, de acordo com o planejamento de aplicação. Polyblen é um fertilizante de liberação lenta e controlada em que o nitrogênio, fosforo e potássio são encapsulados com enxofre e polímero orgânico. O nitrogênio líquido NTOP fornece nitrogênio, possui diferentes fontes de nitrogênio e estabilizantes químicos que retardam a liberação deste nutriente permitindo o uso de altas dosagens do produto com baixo risco de fitotoxidade nas folhas das culturas. Comparado com o uso de adubos tradicionais sólidos apresenta menores perdas por volatilização e lixiviação e aumenta a absorção e eficiência de uso pelas plantas. Os objetivos do trabalho foram: Mensurar a produção de Matéria Verde do azevém Potro submetido a diferentes tipos de adubação nitrogenada e mensurar a produção de Matéria Seca do azevém Potro submetido a diferentes tipos de adubação nitrogenada. Os tratamentos avaliados, que foram aplicados em cobertura 45 dias após a semeadura, foram os seguintes: T1 – Testemunha; T2 - 100 kg ha^{-1} de ureia; T3 - 100 kg ha^{-1} de SuperN 45; T4 - 20 kg ha^{-1} de Polyblen®. Verificou-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos para a produção de MV e MS, sendo que o resultado da aplicação de 100 kg ha^{-1} de Super N45 foi significativamente superior aos tratamentos com aplicação de 100 kg ha^{-1} de ureia, 20 kg ha^{-1} de Poyblen e o tratamento testemunha. Nas condições em que foi realizado o experimento, os resultados obtidos permitem concluir que o nitrogênio é nutriente fundamental para obter-se maiores produções de MV e MS do azevém Potro. O SuperN45 foi a melhor fonte de nitrogênio na produção de MV e MS do azevém Potro.*

Palavras-Chave: *Nitrogênio, gramínea, pastagem*

1. INTRODUÇÃO

A base da alimentação bovina em todo o Brasil é basicamente a pasto, sendo composta basicamente por espécies de crescimento estival, apresentando elevada produção de forragem no verão, paralisação do crescimento e queda na qualidade da forragem no outono-inverno (Roso et al, 2000). A utilização do azevém para pastejo durante a estação fria pode ser uma alternativa para suprir o déficit alimentar deste período, oferecendo uma produção significativa de forragem de qualidade, dependendo de seu estádio fenológico em regiões em que é possível sua utilização. O azevém é uma espécie forrageira de grande importância para a região sul do Brasil, é uma ótima fonte de proteína para o gado no período da entressafra.

O Azevém (*Lolium Multiflorum Lam.)* é uma espécie pertencente a família das poáceas. Tem como origem a região sul da Europa, norte da África e Ásia menor, foi cultivada primeiramente na Itália onde se espalhou pela Europa e posteriormente América do Norte. Hoje é cultivada em diversos países, onde as condições climáticas são favoráveis (Flores, 2006). O azevém é muito resistente ao frio, por isso se desenvolveu nas regiões temperadas do mundo, vegeta bem em todos os tipos de solo, mas seus maiores rendimentos ocorrem em solos argilosos, com boa fertilidade e umidade, e altos índices de matéria orgânica como várzeas e banhados drenados, sendo menos produtiva em terrenos secos e arenosos (Carvalho et al, 2004).

Potro é um azevém tetraploide anual, com ciclo longo de produção vegetativa, destaque para o ciclo longo, ideal para regiões de maior altitude (acima de 700 m) com inverno mais rigoroso, oferecendo forragem por 7 meses em pastejo. Pode ser cultivo convencional ou plantio direto, importante que o solo não estar com excesso de compactação (Mioto, 2015).

Atualmente estão no mercado diferentes variedades de azevém. Por isso a necessidade de estudos que possam avaliar a produção dessas populações. O melhoramento genético do azevém no Brasil tem como finalidade o desenvolvimento de cultivares mais produtivos, de ciclo mais precoce e que sejam adaptados a diferentes condições climáticas, para cada localidade do estado (Flores et al, 2008).

No Brasil, ocorre produção satisfatória de forragem baseada em forrageiras estivais no período de primavera-verão e um período crítico com déficit de forragem em decorrência de períodos frios ou secos durante o outono/inverno, os quais limitam o crescimento das pastagens e, conseqüentemente, o rendimento animal (Moraes; Lustosa, 1999).

Existem poucas regiões do mundo em que agricultores podem ser bem sucedidos em um planejamento forrageiro a pasto durante o ano todo. Entre elas inclui-se praticamente todo o Rio Grande do Sul e grande parte da região Sul do Brasil. Nessa região é possível desde a utilização das pastagens naturais até as mais variadas espécies tropicais e temperadas cultivadas nas principais regiões produtoras de leite do mundo (Santos et al., 2002).

A pastagem é o principal recurso alimentar utilizado para os animais ruminantes nos diferentes sistemas de produção animal no Brasil. Este fato está aliado a fatores econômicos, à diversidade climática e de espécies e, também, pela produtividade e qualidade dos pastos encontradas nas diferentes regiões do país. A região Sul do Brasil está situada em uma latitude privilegiada, permitindo a utilização, tanto de espécies forrageiras tropicais e subtropicais, bem como temperadas, o que facilita a adoção de sistemas de produção animal em pastagens, durante o ano inteiro (Moraes, 1991).

No Rio Grande do Sul, as pastagens nativas são a base da alimentação da bovinocultura de corte, sendo que na bovinocultura de leite tem-se utilizado de glebas com forrageiras cultivadas, uma vez que, durante o inverno, as baixas temperaturas e as geadas reduzem a disponibilidade e a qualidade da pastagem nativa. Para suprir essa deficiência alimentar são utilizadas pastagens temperadas, sendo o azevém, em cultivos puros e em mistura, largamente usados (Alvim et al., 1989).

Para Jank e Nassar (2000), custos e produtividade são indicadores de eficiência que explicam em parte a competitividade. Nesse contexto, preocupa os baixos índices de produtividade alcançados pela maioria dos produtores de leite. Aqueles que têm baixa produtividade poderão ser excluídos da atividade que desenvolvem. Com poucas exceções, os produtores da região do Alto Uruguai Gaúcho são pequenos produtores familiares.

As pastagens podem produzir grandes quantidades de matéria seca digestível por área se forem tratadas como culturas e manejadas corretamente.

O azevém anual (*Lolium multiflorum Lam.*) é uma gramínea forrageira do ciclo de inverno e primavera, e vem sendo utilizada , há mais de três décadas, para a formação de pastagens no Rio Grande do Sul. É uma espécie de origem mediterrânica que chegou ao Estado trazida por imigrantes de origem italiana. Nessa espécie, o Nitrogênio é um dos nutrientes absorvidos em grandes quantidades e essencial ao crescimento das plantas. A produção da forragem aumenta com o uso de adubação nitrogenada, dentro de certos limites e, conseqüentemente, aumenta a capacidade de suporte da pastagem (Alvim et al., 1996).

O azevém Potro (*Lolium Multiflorum*) é um Azevém tetraploide anual, com ciclo longo de produção vegetativa, destaque para o ciclo longo, ideal para regiões de maior altitude (acima de 700m) com inverno mais rigoroso, oferecendo forragem por 7 meses em pastejo (Copérdia, 2017).

A tomada de decisão sobre o uso de nitrogênio em pastagens deve levar em consideração dois aspectos agronômicos: perda por lixiviação do NO_3 e perda por volatilização do NH_3. Nesse sentido, a ureia é o fertilizante que mais perdas promove, provocando, dessa forma, menor eficiência de adubação.

Porém, na maioria das vezes o que determina essa tomada de decisão é o custo do nitrogênio e, desse modo, a ureia sempre leva vantagem, pois tem o custo do kg do nitrogênio menor que as outras fontes, tem alta concentração do elemento e facilidade de manipulação (Primavesi, 2000).

O SuperN 45 é um novo conceito em Fertilizante Nitrogenado capaz de fornecer Nitrogênio no momento exato da necessidade da planta, independente das condições climáticas, de acordo com o planejamento de aplicação. Utilizando-se o SuperN as perdas por volatilização do N da Uréia é significativamente reduzido, graças a Tecnologia Agrotain - Inibidor da Urease. O SuperN é ideal para ser aplicado como fertilizante nitrogenado de cobertura, à lanço sobre a superfície do solo, mesmo em condições que seriam adversas para a aplicação de outros fertilizantes nitrogenados como a Uréia, ou seja, solo sem umidade. O produto pode ser aplicado de maneira semelhante às fontes Nitrato e Sulfato de Amônio com a vantagem de possuir 45% de N Total. (Fuliagro, 2017)

Polyblen é um fertilizante de liberação lenta e controlada em que o nitrogênio, fosforo e potássio são encapsulados com enxofre e polímero orgânico. A velocidade da liberação do nutriente é definida conforme a demanda de cada cultura. Com essa inovação, o produtor maximiza a eficiência do uso dos nutrientes, reduzindo drasticamente as perdas de N por volatilização, lixiviação e desnitrificação e perdas de K por lixiviação.

Várias longevidades estão disponíveis para atender às necessidades das diferentes culturas em diversas condições: existe um Polyblen adequado para cada situação e cultura com tempo de liberação que variam de 45 dias até 6 meses. Alguns benefícios podem ser citados pelo uso desta tecnologia: - Praticidade e ganho operacional: é possível, em muitos casos, reduzir o número de operações de adubação; - Sem risco de salinização: possibilidade de colocar todo o adubo na semeadura sem risco de salinização, perdas e reentradas para coberturas; - Segurança ao produtor: em períodos chuvosos, a liberação não é excessiva, continua de forma gradual diminuindo as perdas por lixivição. Em períodos secos o produto para de liberar não se perdendo por volatização; - Flexibilidade: possibilidade de antecipar a adubação em períodos secos, pois o produto estará protegido (Bolsaflorestal, 2017).

O nitrogênio líquido NTOP fornece nitrogênio, possui diferentes fontes de nitrogênio e estabilizantes químicos que retardam a liberação deste nutriente permitindo o uso de altas dosagens do produto com baixo risco de fitotoxidade nas folhas das culturas. Comparado com o uso de adubos tradicionais sólidos apresenta menores perdas por volatilização e lixiviação e aumenta a absorção e eficiência de uso pelas plantas.

Vitti et al. (2002) observaram que a fonte de nitrogênio a ser utilizada é de suma importância, uma vez que as respostas das culturas às fontes de nitrogênio podem ser atribuídas a diferentes fatores. Neste sentido, fontes alternativas de N, que reduzam o custo de produção mantendo a mesma eficiência produtiva ganham importância.

Os objetivos do trabalho foram: Mensurar a produção de Matéria Verde do azevém Potro submetido a diferentes tipos de adubação nitrogenada e mensurar a produção de Matéria Seca do azevém Potro submetido a diferentes tipos de adubação nitrogenada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O solo da área do experimento é classificada como Latossolo Vermelho aluminoférrico húmico que vem sendo cultivado desde 2003 com culturas anuais de grãos sob sistema plantio direto. A área localiza-se no Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim-RS. Coordenadas geográficas referentes ao local do experimento 27º36’37,60” S e 52º13’34,51” O.

O experimento foi conduzido em condições de campo e a área do experimento recebeu 250 kg ha $^{-1}$ de adubação química de base da fórmula 5 20 20. A semeadura foi manual, utilizando-se 30 kg ha^{-1} de sementes de azevém Potro, tendo sido realizada no dia 03 de maio e 2017. Com a área do experimento estabelecida, quando as plantas de azevém estavam com altura de aproximadamente 30 cm, fez-se um corte (em todas as parcelas dos tratamentos), com tesoura manual, sendo que após cada corte aplicou-se, os tratamentos.

Os tratamentos avaliados, que foram aplicados em cobertura 45 dias após a semeadura, foram os seguintes: T1 – Testemunha; T2 - 100 kg ha^{-1} de ureia; T3 - 100 kg ha^{-1} de Super N 45; T4 – T4 - 20 kg ha^{-1} de Polyblen®.

O tratamento com 20 kg ha^{-1} de fertilizante de liberação lenta e controlada (Polyblen®) foi aplicado no momento da semeadura da pastagem.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram de 4 m² (2x 2 m). As variáveis avaliadas foram produção de biomassa verde e biomassa seca no segundo corte, que foi realizado 30 dias após a aplicação dos tratamentos. O material analisado foi obtido pelo corte manual de três amostragens aleatórias por parcela, com área útil de 1 m^2, quando as plantas estavam com aproximadamente 30 cm de estatura. As plantas foram submetidas à secagem em estufa a 55 °C por 48 horas e 105 °C por duas horas, para determinação da matéria seca. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro com a utilização do pacote estatístico Assistat (2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções estabelecidas para as variáveis matéria verde (MV) e matéria seca (MS) foram obtidas através da coleta do material de 1 m^2 do centro de cada parcela. Assim, verificou-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os

tratamentos para a produção de MV e MS (Tabela 1), sendo que o resultado da aplicação de 100 kg ha^{-1} de Super N 45 foi significativamente superior aos tratamentos com aplicação de 100 kg ha^{-1} de ureia, 20 kg ha^{-1} de Poyblen e o tratamento testemunha.

Tabela 1 – Resultados do teste de análise múltipla de médias para a Matéria Verde (MV) do azevém Potro através do teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tratamentos	**Matéria Verde (MV) em Kg.ha^{-1}**	**Matéria Seca (MS) em Kg.ha^{-1}**
T1 - Testemunha	5045,45 d	1261,25 d
T2 - 100 kg ha^{-1} de ureia	8590,67 b	2061,60 b
T 3 - 100 kg ha^{-1} de SuperN 45	9254,45 a	2591,24 a
T4 - *20 kg ha^{-1} de Polyblen*®	7790,34 c	1869,23 c
CV (%)	**3,54**	**4,32**

As médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

A aplicação de ureia rendeu maior produção de MV e MS do que a aplicação de *20 kg ha^{-1} de Polyblen*® que foi superior apenas ao tratamento testemunha. Alguns produtores já vêm utilizando as cultivares tetraplóides, que apresentam algumas características diferentes do azevém diplóide, como rápida produção inicial, alta produção de massa total, maior palatabilidade, folhas mais largas, além de apresentarem um ciclo vegetativo mais longo em comparação as cultivares diplóides (Farinatti et al., 2006).

Quirrenbach (2008) relatou que os maiores índices mensurados de MS com o azevém Barjumbo foram obtidos aos 150 DAS (Dias Após Semeadura).

O azevém (*Lolium multiflorum Lam*) é originário da região mediterrânea (Europa, Ásia, Norte da África). É uma gramínea anual, rústica e agressiva que produz muitos perfilhos. O azevém é adaptado a temperaturas baixas, solos férteis, mas pode proporcionar produções relativamente altas, em solos bem manejados, úmidos, argilosos e com bom teor de matéria orgânica, resistindo bem à umidade excessiva e à acidez do solo. O rendimento é de 7 a 9 t de matéria seca/ha/ano ou 40 a 50 t de matéria verde/ha/ano (Monteiro et al., 1996).

De acordo com Malavolta (1980), o fator que mais influência nas altas produtividades das pastagens é a adubação nitrogenada, já que o nitrogênio é o nutriente mais limitante ao crescimento das plantas, quando não disponível.

4. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento, os resultados obtidos permitem concluir que o nitrogênio é nutriente fundamental para obter-se maiores produções de MV e MS do azevém Potro. O SuperN 45 foi a melhor fonte de nitrogênio na produção de MV e MS do azevém Potro.

5. REFERÊNCIAS

Alvim, M.J.; Resende, H.; Botrel, M.A. Efeito da freqüência de cortes e de níveis de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do "coastcross". In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: EMBRAPA CNPGL, 1996. p.45-55.

Assistat Versão 7.6 beta (2011). Disponível em <http://www.assistat.com> Por Francisco de A. S. e Silva DEAG-CTRN-UFCG. Download em 05 de julho de 2017.

Bayer C., Fontoura S.M.V. Dinâmica do nitrogênio no solo, pré- culturas e o manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho em plantio direto. In: Fontoura SMV, Bayer C, editores. Manejo e fertilidade de solos em plantio direto. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária; 2006.

Cantarella H. Fontes de nitrogênio. In: Novais RF, Alvarez V VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL, editores. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo: 2007. p.416-49.

Carambula, M. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevidéu: Hemisferio Sur, 1977. 476p.

Cobucci T. Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão [tese]. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 1991.

Dia De Campo Discute Implantação E Manejo De Pastagens. Disponível em http://www.clickriomafra.com.br/portal/noticias/itaiopolis/?p=4928. Acesso em 23 de agosto de 2017.

Dias, J. C. A.; Gomes, J. F.; Infeld, J. A. Avaliação de genótipos de azevém anual em solos hidromórficos. Brasília: Embrapa Clima Temperado, 2001. (Comunicado Técnico, 42).

Goral , A. L.; Lugoch , M. L.; Dalcin, V.; Güths, F. L. V.; Szareski , V. J.; Caraffa, M. Desempenho forrageiro de cultivares de aveia e azevém com duas doses de adubação nitrogenada nas condições de clima e solo de Giruá, RS, 2012.

Malavolta, E. Os elementos minerais. In: Malavolta, E. (Ed.) Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. p.104-216.

Monteiro, A. L. G. et al. Forragicultura no Paraná. Londrina, 1996. 291 p.

Quirrenbach, I. Azevém Barjumbo, Fundação ABC, sl 11, 2008 Disponível em:< http://www.slideshare.net/pedrodebortoli/azevm-barjumbo>.

Rodrigues, L. R. de A. Espécies forrageiras para pastagens: gramíneas. In: PEIXOTO, ª M.; MOURA, J. C.;FARIA, V. P. de. Congresso Brasileiro de Pastagens, 8. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1986. p 375-387.

Santos, H. P. Dos; Fontaneli, R. S.; Baier, A. C.; Tomm, G. O. Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas Regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 142p.

Tasca F.A. Volatilização de amônia a partir da aplicação de duas fontes de nitrogênio, em laboratório [dissertação]. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2009.

Vargas V.P. Manejo da adubação nitrogenada na recuperação de estresses em milho [dissertação]. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2010.

XXXIII Reunião da Comissão Brasileira de pesquisa de aveia 2 a 4 de abril de 2013. Pelotas, RS. Disponível em: http://cgfufpel.org/aveia/trabalhos/92.pdf. Acesso em 19 de agosto de 2017.

6. RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

INFLUÊNCIA DE *Trichoderma harzianum* NO CONTROLE DA ANTRACNOSE EM FEIJOEIRO

Jéssica Emilia Rabuske
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: jessicarabuske@gmail.com

Emanuele Jungues
Instituto Federal Farroupilha, Rua 20 de Setembro, 2616 - CEP 97420-000 - São Vicente do Sul
e-mail: jungues.emanuele@gmail.com

Marlove Fátima Brião Muniz
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: marlovemuniz@yahoo.com

Tássia Carla Confortin
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: tassi_cc@hotmail.com

Thiarles Brun
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: brun.thiarles@gmail.com

Izelmar Todero
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: izelmar@yahoo.com.br

Pâmela Oruoski
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: pamelaoruoski29@gmail.com

Clair Walker
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: clairwalker@gmail.com

Vinícius Spolaor Fantinel
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: vinispofan@hotmail.com

Lucas Savian
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: lucassavian@hotmail.com

Luciana Luft
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: Luciana.luft@ymail.com

Resumo. *O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de bioprodutos a base de Trichoderma harzianum, aplicados via foliar, quanto à capacidade de induzir resistência em feijoeiro comum (Phaseolus vulgaris). O bioproduto foi obtido através do crescimento fúngico de Trichoderma harzianum em condições de fermentação, após dois dias da aplicação destes como tratamentos foliares as plantas foram infectadas com um isolado virulento de Colletotrichum lindemuthianum em suspensão, para tato ara cada tratamento foram utilizadas três repetições de duas plantas cada. A cultivar Minuano foi avaliada quanto ao índice de doença do quinto ao décimo dia após a inoculação do patógeno e a massa fresca e seca das plantas foi determinada no décimo dia após a inoculação do patógeno A avaliação dos tratamentos foi realizada através da análise de variância por meio do teste F a 5 % de probabilidade e as diferenças foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% probabilidade de erro, usando o aplicativo SISVAR. A aplicação dos bioprodutos não comprometeu o acúmulo de massa seca das plantas, sendo que o filtrado de cultura foi eficiente para indução de resistência. O uso de T. harzianum tem potencial para controlar a antracnose do feijoeiro.*

Keywords: *Phaseolus vulgaris. Colletotrichum lindemuthianum. Bioproduto.*

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma importante cultura agrícola. Entre as doenças de maior ocorrência nesta cultura está a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magnus) Scrib. que reduz a produção da cultura (Chiorato et al., 2006).

Uma das formas de se evitar o acontecimento da doença é através da indução de resistência que se refere a ativação dos mecanismos latentes de resistência de uma planta por meio de agentes externos, como algumas espécies fúngicas do gênero *Trichoderma*, essa ativação pode ocorrer de maneira localizada ou sistêmica (Bedendo et al., 2011).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi verificar o controle da antracnose e a indução de resistência em feijoeiro comum aplicando via foliar o bioproduto produzido a partir do filtrado de *Trichoderma* spp.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no laboratório Biotec Factory e na casa de vegetação do Departamento de Defesa Fitossanitária da Universidade Federal de Santa Maria.

Foram utilizados como inóculo inicial o produto comercial Trichodermil® à base de *Trichoderma harzianum*. As fermentações foram realizadas em erlenmayers de 250 mL contendo 50 mL de meio de cultura líquido, com 10 g/L sacarose, 20 g/L água de maceração de milho, 7,5 g/L de extrato de levedura e, posteriormente adicionado 1 mL da suspensão de *T. harzianum*. A incubação foi realizada em shaker (Tecnal® shakermodel TE-420) com agitação constante de 120 rpm, 28 °C, por 96 horas. Após a incubação, os fermentados foram filtrados em membrana milipore® 12 micras, com auxílio de bomba de vácuo, e em seguida congelados, até a sua aplicação nas plantas de feijão.

As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade de 3 L contendo substrato comercial e mantidos em casa de vegetação. Quando as plantas iniciaram a emissão dos botões florais, realizou-se aspersão do filtrado da cultura fúngica (400 mL/L) com aspersor manual e após dois dias foram aspergidas com suspensão de esporos de *Colletotrichum lindemuthianum*, na concentração de 3,5 X 10^5 esporos por mL.

A severidade da doença foi avaliada no décimo d.a.i. Foi utilizada a escala diagramática e as notas convertidas no índice de doença (ID) de McKinney, conforme Eq. (1) (Mckinney, 1923):

$$ID\ (\%) = \frac{\sum(Y * X_y)}{(X_t * h)} * \qquad (1)$$

Y: nota; Xy: número de plantas com esta nota; Xt: número total de plantas; h: valor máximo da escala.

A avaliação dos tratamentos foi realizada através da análise de variância por meio do teste F a 5 % de probabilidade e as diferenças foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% probabilidade de erro, usando o aplicativo SISVAR (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O filtrado de cultura obtido de *T. harzianum* induziu respostas de defesa à antracnose em plantas de feijão e os tratamentos utilizados reduziram a severidade da doença, na Tabela 1 é possível observar que o tratamento com filtrado de cultura reduziu o índice de doença de 30.2 para 11. Diferentes linhagens de *Trichoderma* e as substâncias produzidas por eles são importantes indutores de respostas de defesa nas plantas, como já descrito por Sriram et al. (2009).

Tabela 1. Avaliação do Índice de Doença de McKinney (%) em plantas de feijão cultivar Minuano tratadas com filtrado de cultura de *Trichoderma harzianum* via foliar.

Tratamentos	Índice de Doença
Filtrado de cultura via foliar	11,0 B
Controle não inoculado	11,0 B
Controle não tratado	30,2 A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro.

Trabalhando com o feijoeiro Pedro et al. (2012), citam que espécies do gênero *Trichoderma* estão sendo utilizadas com sucesso no controle de fitopatógenos, sendo que os mecanismos de controle são o parasitismo, antibiose, competição por nutrientes e substrato, e indução de resistência.

Neste sentido muitos estudos trabalham somente com o emprego de *Trichoderma* spp. no controle de doenças de plantas de forma direta sobre fitopatógenos. No entanto, a indução de resistência de plantas, onde o antagonista age sobre a planta também é um mecanismo de controle de doenças importante (Yoshioka et al., 2012).

4. CONCLUSÕES

Trichoderma harzianum induz resistência à antracnose em feijoeiro, reduzindo a severidade da doença.

5. REFERÊNCIAS

Bedendo, I. P., Massola, N. S., Amorim, L. 2011. "*Controles cultural, físico e biológico de doenças de plantas*". In: Amorim, L., Resende, J., A. M., Bergamin Filho, A (Ed.). Manual de fitopatologia, Piracicaba: Agronômica Ceres, v.1, 4.ed. p. 367-388.

Chacón, M.R. et al. "*Microscopic and transcriptome analyses ofearly colonization of tomato roots by Trichoderma harzianum"*. Internacional Microbiologi. v. 10, p.19-27. 2007.

Chiorato, A.F. et al. 2006. "*Co-evolução entre raças fisiológicas de Colletotrichum lindemuthianum e feijoeiro*". Bragantia, v.65, p.381-388.

Dalla Pria, M., Amorim, L., Bergamin Filho, A. 2003. "*Quantificação de componentes monocíclicos da antracnose do feijoeiro*". Fitopatologia brasileira, v. 28, n. 4, p. 401-407.

Ferreira, D. F. 2011. "*Sisvar: a computer statistical analysis system*". Ciência e Agrotecnologia, v. 35, n.6, p. 1039-1042.

Pedro, E.A.S. et al. 2012. "*Promoção do crescimento do feijoeiro e controle da antracnose por Trichoderma* spp". Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v.47, n.11, p.1589-1595.

Mckinney, H.H., 1923. "*Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by Helminthosporium sativum"*. Journal Agricultural Research, v.26, p. 195-218.

Sriram, S.; Manasa, S.B.; Savitha, M.J. 2009. "*Potential use of elicitors from Trichoderma in induced systemic resistance for the management of Phytophthora capsici in red pepper*". Journal of Biological Control, v.23, p.449-456.

Yoshioka, Y., Ichikawa, H., Naznin, H.A., Kogure, A., Hyakumachi, M. "*Systemic resistance induced in Arabidopsis thaliana by Trichoderma asperellum SKT-1, a microbial pesticide of seedborne diseases of rice"*. Pest Management Science, v.68, p.60-66, 2012.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PATOLOGIA EDAFOLÓGICA DA PHYTOPHTHORA NA SOJA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

THAIS FERNANDA FORATTI
GUILHERME ZANETTE
AMITO JOSÉ TEIXEIRA
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões | URI Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621 | CEP 99709-910 | Erechim-RS | Brasil

e-mails: thais_foratti@hotmail.com, Guilhermezanette2013@hotmail.com; amito@uricer.edu.br

Resumo: *Anualmente o produtor de soja chega a perder de 15 a 20% de sua safra devido à ocorrência de doenças; no Brasil, em torno de 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus já foram relatados. A podridão radicular de Fitóftora (Phytophthora sojae) é considerada uma das doenças mais destrutivas da soja, promovendo perdas em estande que podem reduzir o rendimento de grãos em até 100%. A Phytophthora sojae é encontrada com mais frequência em solos úmidos, sendo que os prejuízos mais graves são encontrados em solos de baixada, em áreas mal drenadas, por outro lado, pode também ser encontrada em solos com textura mais leve e sobre terreno mais elevado desde que o solo permaneça úmido de 7 a 14 dias, devido à precipitação ou mesmo a irrigação. Os principais sintomas observados é durante a emissão das primeiras folhas tri folioladas, a extremidade da raiz principal torna-se flácida e marrom, na sequencia as folhas tornam-se amareladas, murcham e a planta seca e more. A podridão radicular de fitóftora,é uma das doenças que podem ser eficientemente controladas com o uso de cultivares geneticamente resistentes.*

Palavras chave: *fitóftora, solo, encharcamento, umidade, soja.*

1. INTRODUÇÃO

A soja é uma das culturas mais importantes do Brasil. Anualmente a perda de produtividade causada por doenças podem chegar a 20%. No Brasil, já foram identificadas aproximadamente 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus, e este numero tende a aumentar devido à expansão das áreas cultivadas de soja e também pela prática da monocultura (HENNING, 2009).

Tendo em vista que a cultura da soja pode ser afetada por diversas doenças causando perdas econômicas ao agricultor; as doenças que afetam o sistema radicular são geralmente de difícil controle, e podem causar danos importantes na cultura, entre elas pode-se citar a Phytophthora sojae.

Dentre as doenças, pode-se destacar a podridão radicular de fitóftora, causada por *Phytophthora sojae*, que causa danos nas plantas em qualquer fase do desenvolvimento, podendo ocasionar sua morte. Esta doença pode ser considerada uma das mais destrutivas da soja, podendo causar até 100% de redução no rendimento de grãos, em cultivares altamente suscetíveis (COSTAMILAN *et al.*, 2007).

A manifestação da Phytophthora está intimamente associada ao excesso de umidade no solo, visto que tal situação não possui um método de eliminação por completo, apenas manejos adequados que podem minimizar a Patologia. (SOAREZ, 2011)

Diante disso, torna-se oportuno realizar a presente pesquisa que tem por objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre os melhores métodos para minimizar a Phytophthora na sojicultora.

2. METODOLOGIA

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

Nesta pesquisa usou-se o método hermeneutico que discute as principais ideias dos autores.

Pode-se classificar essa pesquisa do ponto de vista de sua natureza como pesquisa básica, uma vez que tem como objetivo gerar conhecimentos novos e de interesse universal. Quanto aos seus objetivos, essa pesquisa é classificada como pesquisa exploratória, pois utilizou-se de levantamento bibliográfico.

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

3. RESULTADOS

Segundo Débora Silva (2014), a Patologia, no caso vegetal, é a ciência que estuda as doenças, os danos e as alterações do funcionamento normal das plantas, qualquer que seja a sua origem - seja ela animal, vegetal, parasitária ou infecciosa -, abrangendo todas as suas etapas, desde o diagnóstico até o tratamento e controle.

Anualmente o produtor de soja chega a perder de 15 a 20% de sua safra devido à ocorrência de doenças. No mundo são relatadas mais de 100 doenças diferentes. No Brasil, em torno de 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus já foram relatados (identificadas) (HENNING, 2009). Auler (2015) cita que a podridão radicular de fitóftora (*P. sojae),* é considerada umas das doenças mais destrutivas da soja, promovendo folhas de estande que podem reduzir o rendimento de grãos em 100%.

Uma nova doença que vem se tornando cada vez mais frequente é a podridão radicular, causada pelo oomyceto *P. sojae*, que ataca tanto as sementes quanto as plantas em qualquer estágio de desenvolvimento (SILVA, 2013).

A *Phytophthora sojae* é encontrada com mais frequência em solos úmidos, sendo que os prejuízos mais graves são encontrados em solos de baixadas, em áreas mal drenadas e nas áreas de manobras (cabeceiras) das lavouras onde o solo é mais compactado, especialmente em solos argilosos. Por outro lado, pode também ser encontrado em solos com textura mais leve e sobre terreno mais elevado desde que o solo permaneça úmido de 7 a 14 dias, devido à precipitação ou mesmo à irrigação (JARDINE, 1989).

Dentre as doenças que se manifestam na cultura da soja, provocando perda acentuada no rendimento de grãos, pode-se destacar a podridão radicular de fitóftora (PRF), causada por *Phytophthora sojae. A* doença pode manifestar-se em várias espécies da família Fabaceae, no entanto a soja é o único hospedeiro de importância comercial. (Bergamo et. al., 2012).

Nos dizeres de Martins et. al. (2015), ao obter informações sobre o tratamento de sementes de soja e proteção contra *Phytophthora sojae*, os autores concluem que o fungo *Phytophthora sojae* é prevalente nos cultivos de soja do sul do Brasil quando ocorrem chuvas frequentes após a semeadura. O patógeno causa deterioração de semente, tombamento de plântulas e morte de plantas.

Conforme Bergamo et al. (2007), que pesquisaram sobre a herança da resistência de variedades comerciais brasileiras de soja à podridão radicular de fitóftora a soja é, atualmente, o principal produto da agricultura brasileira, colocando o Brasil em segundo lugar no cenário mundial em produção e exportação de grãos.

O patógeno *Phytophthora sojae,* tem se destacado por ocasionar grandes danos na produtividade, podendo chegar a 100% de perdas. (GUGINSKI et. al. 2009).

Apesar do potencial produtivo das cultivares brasileiras, fatores bióticos e abióticos podem interferir nas condições naturais da lavoura, contribuindo assim para uma diminuição da produtividade (COSTAMILAN et al., 2007).

P. sojae pertence ao filo Oomycota, a classe Peronosporomycetidae, a ordem Pythiales e a família Pythiaceae. (COSTAMILAN et. al., 2007).

A podridão de fitófora (*Phythophthora sojae*) é uma doença típica de solos pesados, sujeitos ao encharcamento. A falta de rotação de culturas também é um fator que contribui para o aumento do inóculo no solo (HENNING, 2009).

Os sintomas da doença podem ser observados em todas as partes da planta de soja que apresentem susceptibilidade à infecção por *P. sojae*, desde a germinação até a maturação das plantas. No campo, provoca tombamento de plantas através do estabelecimento de uma podridão que atinge o sistema radicular e compromete a sustentação e o fluxo de nutrientes da planta (TYLER, 2007).

Sementes infectadas podem apodrecer ou germinar lentamente, resultando em morte de plântulas, que ficam com os hipocótilos com aspecto encharcado e de coloração marrom (HENNING et. al. 2014).

Para Costamilan et. al. (2007), a podridão radicular de fitóftora, em soja, causa morte de plantas em qualquer fase de desenvolvimento, e sua manifestação está intimamente associada com excesso de umidade no solo. Pode ocasionar apodrecimento de sementes, morte de plântulas em pré e pós-emergência e, em plantas adultas, apodrecimento de raízes, levando à murcha e morte das mesmas.

Conforme Costamilan, et al. (2007) os principais sintomas observados ocorrem durante a fase de emissão das primeiras folhas tri folioladas, onde se nota as extremidade da raiz principal com aspecto flácido e de cor marrom. Na sequencia, as folhas tornam-se amareladas, murcham e a planta seca e morre. Há destruição quase completa de raízes secundárias e apodrecimento da raiz principal.

Podridão radicular de fitoftora, em soja, e uma doença monocíclica. Oosporos remanescentes, no solo, ou recem-formados em tecido vegetal, durante a safra, podem sobreviver por muitos anos na ausência do hospedeiro. Formam esporângios em temperaturas próximas a 25ºC, que se acumulam até que ocorra encharcamento do solo, quando liberam zoosporos, que migram em direção as raízes de soja, atraídos por isoflavonoides (genisteina e daidzeina) produzidos

pelas raízes e pelas sementes em germinação. Quando encontram tecido vegetal, os zoósporos fixam-se, encistam, germinam e penetram diretamente, dando inicio a doença. (COSTAMILAN et al. 2007).

Conforme afirma Yorinori (1996), a disseminação ocorre através das fontes de inoculo inicial, presentes no solo e restos culturais. As plantas mais desenvolvidas morrem lentamente.

Os sintomas da doença podem ser observados em todas as partes da planta de soja que apresentem susceptibilidade à infecção por *P. sojae*, desde a germinação até a maturação das plantas (BERGAMO et al., 2012).

Henning et. al. (2009) mencionam no Manual de Identificação de Doenças de Soja Embrapa, que os sintomas podem ser encontrados em plantas de soja em qualquer fase de desenvolvimento. Sementes infectadas podem apodrecer ou germinar lentamente, resultando em morte plântulas que, ficam com os hipocótilos, com aspecto encharcado e de coloração marrom.

A podridão radicular de fitoftora, em soja, causa morte de plantas em qualquer fase de desenvolvimento, e sua manifestação esta intimamente associada com excesso de umidade no solo. (COSTAMILAN et al., 2007). Aruda (2011) cita que os sintomas característicos são folhas amareladas e tecido seco entre as nervuras, e posteriormente ocorre murcha completa e a seca dos tecidos, sendo que as folhas permanecem presas à planta.

Os sintomas da doença podem ser observados em todas as partes da planta de soja que apresentem susceptibilidade à infecção por *P. sojae*, desde a germinação até a maturação das plantas (BERGAMO, et al., 2012).

Para Soarez (2011), segundo o Manejo de Doenças Radiculares da Soja Causada por *Pythium, Phytophthota e Rhizoctonia*, a podridão radicular da fitóftora destaca-se entre as doenças radiculares pelo prejuízo econômico que tem causado. Em soja, causa apodrecimento de sementes, morte de plântulas, redução de crescimento e morte das plantas adultas em qualquer fase de desenvolvimento, podendo afetar extensas áreas de cultivo.

De acordo com Pasinato et al. (2013), ao fazer a análise de agrometeorologia da safra de soja 2012/2013, em Passo Fundo, RS, no sul do Brasil, a variabilidade climática associada ao regime pluvial tem sido a principal causa de flutuações no rendimento dos cultivos agrícolas de verão.

Segundo Bergamaschi et al. (2011), esta variabilidade engloba desde abundância de chuvas a períodos variáveis de estiagens, contemplando grande diversidade de nuanças agronômicas. Entre as culturas afetadas, destaca-se a soja.

Conforme afirma Costamilan et al. (2013) a podridão radicular de fitóftora (PRF), causada por *Phytophthora sojae*, é uma das doenças que podem ser eficientemente controladas com o uso de cultivares resistentes. E conclui que existem genótipos com resistências simultâneas a podridão radicular de fitóftora.

O tratamento de semente com metalaxyl em doses acima de 15 de i.a ha^{-1} poderá auxiliar no manejo da doença, pelo menos nas fases iniciais de estabelecimento da lavoura (HENNING, 2009).

Segundo Fuzitani et al. (2013), atualmente são usados fosfitos no controle de doenças, causados por oomicetos do gênero Phytophthora que podem contribuir para o controle de doenças de pós-colheita.

Segundo Soarez (2015) ao pesquisar sobre a reação de cultivares de soja transgênicas tratadas com glifosato à podridão radicular de Phytophthora, trabalhos científicos têm mostrado que a aplicação do herbicida glifosato, produto químico mais utilizado na agricultura mundial, pode afetar a fisiologia de plantas de soja, inclusive para as plantas geneticamente modificadas resistentes ao herbicida glifosato (soja RR).

Segundo Costamilan et al. (2007) o controle químico e efetivo para cultivares com elevado grau de tolerância. Os princípios ativos eficazes sao metalaxil e mefenoxam, da classe fenilamidas que atuam, em media, por duas a três semanas, e tem dois modos de ação: fungistatica (inibindo a síntese de RNA de *P. sojae*) e sistêmica (induzindo a formação da fitoalexina gliceolina).

Para Tavares (2010) uma técnica muito importante e indispensável para a produção de soja do Brasil é o melhoramento genético, sendo ele, a base para desenvolvimento de cultivares cada vez mais competitivas, por isso a importância do conhecimento desses métodos de melhoramento para essa cultura.

4. CONCLUSÕES

Diante da revisão realizada, podemos então concluir que a *Phytophthora sojae* não tem como ser eliminada por completa, mas existem métodos que podem minimizar essa doença. Dentre tantos métodos, pode-se afirmar que o mais eficaz é o uso de cultivares geneticamente resistente a fitóftora, principalmente em locais de solo com excesso de umidade ou encharcados. Assim podem-se diminuir os danos causados pela doença.

5. REFERÊNCIAS

AULER, G.; Produção e beneficiamento de sementes de soja na empresa E. Orlando Roos Comércio de Cereais LTDA. Porto Alegre: UFRGS, 2015. (Trabalho de Conclusão de Curso).

COSTAMILAN, M. L.; BERTAGNOLLI, F.P.; MORAES, A. M. R. Podridão Radicular de Fitóftora em soja. Embrapa Trigo, 2007.

COSTAMILAN, M. L.; BERTAGNOLLI, F. P.; PANIZZI, C. C. M.; CLEBSCH, C. C. Reação de progênies de soja, safra 2012/2013, para cancro de haste e podridão radicular de fitóftora.

HENNING, A.; Manejo de doenças da soja (Glycine max L. Merril). Paraná: Abrates, vol.19, nº 3, 2009.

HENNING et. al.; Manual de Identificação de doenças da soja. Embrapa soja, 2014.

SILVA, da M. D.; Aspectos biológicos e nutricionais do complex Spodoptera spp. em culturas anuais. Universidade Estadual de Londrina, 2014.

TAVARES, J. C.; Revisão de literatura a respeito do melhoramento genético da cultura da soja. Ano 2010.

4. RESPONSIBILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

EFEITOS DO SILÍCIO NA PRODUTIVIDADE E NA INDUÇÃO DE RESITÊNCIA À FERRUGEM ASIÁTICA E MANCHA FOLIAR NA SOJA (*Glicyne Max*)

Vanderlei Carlos Veigel
Marta Casa Blum
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS 331, Nº 345, Erechim - RS
vandeveigel@hotmail.com; martablum@gmail.com

Jardes Bragagnolo
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS 331, Nº 345, Erechim – RS
jardesb@yahoo.com.br

Amito Teixeira
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS 331, Nº 345, Erechim - RS
amito@uricer.edu.br

Luam José Bampi
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS 331, Nº 345, Erechim - RS
luamjbampi@hotmail.com

Vinicíus Gustavo Lira Borsa
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS 331, Nº 345, Erechim - RS
vinilira196@gmail.com

Resumo. *O presente trabalho tem por objetivo o uso do silício na cultura da soja para avaliar a produtividade e a sanidade da lavoura. O experimento foi realizado na área experimental no campus II da URI campus de Erechim, em uma área experimental de 0,8 hectare de solo. Os resultados alcançados no experimento foram orientados utilizando delineamento experimental inteiramente casualizado. Foram utilizados 4 tratamentos estabelecidos de Testemunha, aplicação foliar de silício sem fungicida, aplicação foliar de fungicidas e aplicação foliar de fungicidas junto com silício sendo realizado 5 repetições de cada tratamento. Após foram realizadas as análises para determinar a produtividade e a pressão de doenças. Tendo como resultado positivo em relação ao uso do silício, no aumento de produtividade e diminuição da severidade do ataque de fungos causadores da ferrugem asiática e manchas foliares.*

Palavras-chave: *fitopatologia, doenças, controle, aplicação, defensivos agrícolas*

1. INTRODUÇÃO

A soja é uma leguminosa anual pertencente à família *leguminosae*, ordem *fabales* e gênero *Glycine e espécie Glycine max*, originaria do oriente, chegou no Brasil por volta de 1914 no município de Santa Rosa-RS (Embrapa, 2004) tem importante papel no sistema de produção de grãos, sendo a primeira em exportação e a mais cultivada e utilizada na alimentação animal, humana e extração de biodiesel.

Entre as principais características da soja podemos destacar sua grande variabilidade genética, habito de crescimento determinado e indeterminado, dependendo da cultivar, os ciclos variam de 80 a 160 dias, sofre influencia de fatores abióticos, como luz, umidade e temperatura. Possui raízes principais e secundárias aonde encontram-se os nódulos que são formados por bactérias (Bradyrhizobium japonicum e B. elkanii) as quais são responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio, são elas que fornecem o nitrogênio fixado da atmosfera para a planta, caule do tipo herbáceo ereto pubescente e ramificado, seu grão é rico em proteínas, sais minerais, como por exemplo: potássio, cálcio, fósforo, zinco, magnésio e cobre, contém também vitaminas do complexo B e vitamina C.

Atualmente, a soja se constitui na maior fonte de óleo vegetal e de proteína, tanto para a alimentação humana como também para animais (Costa, 1996). O Brasil é o segundo maior produtor de soja, sendo que na safra de 2006/2007, foram plantados 20,687 milhões de hectares, que produziram 58,4 milhões de toneladas. Os Estados Unidos ocupam a primeira posição com uma produção de 86,77 milhões de toneladas de soja (Navarini, 2008; Embrapa, 2007).

O aumento na produtividade deve-se ao melhoramento genético de plantas, pois com o cultivo de variedades mais adaptadas e produtivas há um grande crescimento na produção (Arantes, 1979).

No entanto há vários limitantes de produtividade, e uma delas é a Ferrugem Asiática, uma doença causada pelo fungo Phakopsora pachyrhizi, é considerada hoje uma das principais doenças da soja devido a sua severidade, os danos e seu difícil controle. Provocando na cultura a desfolha precoce como principal dano, acarretando assim no seu ciclo e prejudicando a formação completa de grãos e tendo por consequência a redução da produtividade. Essa doença foi pela primeira vez diagnosticada no Brasil no ano de 2001, e a cada safra vem demonstrando resistência para seu controle com os fungicidas. No caso da ferrugem asiática, o tratamento ocorre principalmente quando a doença já está ocorrendo, sendo o controle químico com fungicidas o principal método de controle, porém sua eficácia pode ser menor quando aplicados após o estabelecimento da ferrugem na lavoura (Forcelini, 2003).

As manchas foliares causadas por Pseudomonas spp, Septoria spp, Cercospora spp, Corynespora spp e as Xanthomonas spp também tem grande influência na diminuição da produtividade da soja, pois provocam lesões nas folhas diminuindo área foliar, reduzindo a fotossíntese e por consequência a redução da produtividade.

Devido a essas dificuldades e juntando a necessidade de aumento na produção, pesquisa-se o uso de indutores de resistência, fungicidas de ação multissítio e protetores.

O silício (Si) é o segundo elemento de maior abundância da crosta terrestre, porém o mesmo não é considerado como elemento essencial para as plantas, embora seja usado há muito tempo, antes mesmo do homem saber da importância deste elemento para as plantas. Há muitos anos os camponeses chineses e romanos utilizavam cinzas de cereais para fertilizar os campos de cultivo, prática incentivada pelos sábios da época, como Virgílio (Publius Vergilius Maro, 70 – 19 a.C.). Em seu livro (Organic Chemistry in its application to agriculture and physiology 1840) Justus von Liebig, o agrônomo e químico alemão foi o primeiro a sugerir o uso do Silício como fertilizante, na forma de silicato se sódio. A partir de então cientistas e pesquisadores de todo o mundo comprovaram os benefícios do uso de silício, silicato de potássio e silicato de sódio como fertilizantes foliares e indutores abióticos de resistência sistêmica a pragas e doenças e muitos estudos estão sendo feitos para elucidar os mecanismos de atuação desse produto sobre as plantas e principalmente doenças fúngicas.

As respostas à aplicação de Si são potencializadas quando as culturas são submetidas a algum tipo de estresse (Ma, 2004; Hattori et al., 2005; Gunes et al., 2008 Abdalla, 2011; Lima et al., 2011). O Si tem sido associado de forma indireta ao aumento da clorofila e da capacidade fotossintética na redução da transpiração e aumento da absorção de nutrientes (Gunes et al., 2007).

Sua absorção pelas plantas ocorre na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) por processo ativo, que envolve gasto de energia, depositando-se nas células das plantas tornando-se imóvel.

O silício pode aumentar os mecanismos de defesa da planta, provavelmente por meio da biossíntese de isoflavonóides, é possível que a nutrição silicatada possa induzir a síntese de flavonóides indutores de nod-genes, que são as moléculas sinalizadoras envolvidas nos estágios iniciais da formação dos nódulos (Dakora, 2005).

2. METODOLOGIA

O recorrente trabalho foi realizado no Campus II da URI Erechim nas coordenadas de longitude 378894.06 m E, latitude 6945302.51 m S e zona 22J. Foi utilizada a variedade DM5958 RSF IPRO, com a semeadura realizada no dia 30/11/16, distância entre linhas de 0,45 m, população de 265.000 sementes por hectare, adubação de base na formulação NPK 05-30-15 com proporção de 350 kg ha^{-1}. O experimento teve seis blocos com quatro parcelas cada bloco, cada parcela contendo sete linhas de semeadura com oito metros de comprimento, com delineamento experimental com blocos inteiramente ao acaso. Os tratamentos foram identificados em T 1, T 2, T 3 e T 4. Sendo T 1 a testemunha, a qual não recebeu nenhum tratamento de fungicida, T 2 recebeu tratamento de Fox e Elatus, sendo elas intercaladas para que não houvesse repetição de moléculas, 1ª tratamento com Fox, 2ª tratamento com Elatus, 3ª tratamento com Fox e 4ª tratamento com Elatus, T 3 recebeu tratamento de Fox, Elatus e Silício (Potenccy) sendo elas intercaladas para que não houvesse repetição de moléculas, 1ª tratamento com Fox + Silício (Potenccy), 2ª tratamento com Elatus+ Silício (Potenccy), 3ª tratamento com Fox + Silício (Potenccy) e 4ª tratamento com Elatus + Silício (Potenccy), T 4 recebeu somente tratamento com Silício (Potenccy), quatro aplicações de 400 gramas por hectare cada aplicação, totalizando 1,6 Kg no ciclo da cultura.

Os demais tratos culturais como inseticida e herbicida foram aplicados de forma homogênea em todas as parcelas, conforme a necessidade e de forma semelhante aos tratos culturais empregado pelos produtores da região. A fonte de silício utilizada foi do produto de nome comercial Potenccy com concentração de SiO_2 de 68%. Foi avaliado primeiramente pressão de doenças causadas por fungos, na qual avaliamos a ferrugem asiática, míldio e mancha foliar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos indicam que os tratamentos com silício obtiveram menor nível de desfolha causada por

patógenos conforme Tabela 1.

Tabela 1. Índice de desfolha da soja no estádio de maturação fisiológica com diferentes tratamentos fitossanitários.

Tratamento	Índice de desfolha (%)
T1	93,33 a
T2	77,50 b
T3	70,83 c
T4	75,83 b
C.V. (%)	3,86

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade de erro. C.V.= coeficiente de variação.

Com base nos dados coletados, pode-se afirmar que o silício exerceu um papel importante na diminuição da desfolha, onde tem-se o Tratamento 1 que refere-se a testemunha um alto índice de desfolha, no entanto o Tratamento 4 obteve um índice de desfolha muito menor em relação a testemunha, e o melhor índice refere-se ao tratamento 3, onde que o silício é utilizado juntamente com o fungicida, obtendo-se o melhor controle de desfolha, confirmando que o silício tem efeito positivos na indução de resistência à patógenos. Dakora (2005) observou que o silício pode aumentar os mecanismos de defesa da planta, provavelmente por meio da biossíntese de isoflavonóides. Salienta que a nutrição silicatada possa induzir a síntese dos flavonóides indutores do gene da nodulação.

Em relação a produtividade, pode-se constatar que os tratamentos que contêm silício obtiveram maior produtividade em relação aos tratamentos que não tiveram aplicação de silício. Segundo Rosolem (2002), aplicações foliares de silício podem proporcionar aumento dos teores de nutrientes superiores às quantidades aplicadas, sendo esta prática denominada adubação foliar complementar estimulante. Mostrando-se assim que o silício pode tornar-se um importante aliado na indução de resistência das plantas contra patógenos, podendo assim, exercer um forte papel no auxílio às moléculas de fungicida, preservando-as e mantendo as mesmas ativas e eficientes. E, contudo houve o aumento de produtividade.

Tabela 2. Produtividade da soja com diferentes tratamentos fitossanitários

Tratamento	Produtividade (kg ha^{-1})
T1	4110,1 c
T2	4417,8 b
T3	4811,7 a
T4	4462,3 b
C.V. (%)	3,25

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade de erro. C.V.= coeficiente de variação.

4. CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos e para as condições em que o experimento foi conduzido, avaliando-se o rendimento de grãos, todos os tratamentos testados foram superiores à testemunha. Destacou-se, como superior, o tratamento com fungicida na parte aérea da cultura associado ao silício. Os outros dois tratamentos foram estatisticamente considerados iguais, sugerindo-se a hipótese de que o silício tenha efeito sobre o controle de doenças na cultura da soja, na mesma

proporção de controle pela utilização de fungicidas. Avaliando-se a percentagem de desfolha, por ocasião da maturação fisiológica da cultura, observou-se também, que todos os tratamentos foram superiores à testemunha sem fungicida e sem silício, destacando-se o tratamento com fungicida e com silício, contudo, não diferenciando este do tratamento somente com silício. Aqui, o tratamento com fungicida e sem silício, foi inferior ao tratamento com fungicida e com silício, sugerindo também um efeito do produto silício na redução da desfolha da planta.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI Campus Erechim por oportunizar área para conduzir o experimento aos professores em especial a professora Marta pelo auxílio e orientações.

6. REFERÊNCIAS

Abdalla, M.M., 2011. Beneficial effects of diatomite on growth, the biochemical contentes and polymorphic DNA in Lupinu albus plants grown under water stress. Agriculture and Biology Journal of North américa, v. 2, n. 2, p. 207-220.

Canteri, M.G., Althaus, R.A., Virgens Filho, J.S., Giglioti, E.A., 2005. Effect of potassium silicate combine dor not with systemic or protector fungicides on the control fo asian soybean rust. In: Datnoff, L.E.; Snyder, G.H.; Korndörfer, G.H. Silicon in agriculture. Amsterdan: Elsevier, 2005. P. 121.

Forcelini, C. A., 2003. A ferrugem pode ser manejada. Atualidades Agrícolas. v.3.

Godoy, C.V., 2001. SASM - Agri : Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. Revista Brasileira de Agrocomputação, v.1, n.2, p.18-24.

Gunes, A., 2008Influence of silicone on sunflower cultivars under drought stress, I Growth, antioxidante mechanisms, and lipid peroxidation. Communications in Soil Science and Plant Analisys, v. 39, n. 13, p. 1885-1903.

Hungria, M., 1993. New sources of high-temperature tolerant rhizobia for Phaseolus vulgaris L. Plant and Soil, v. 149, p. 103-109.

Nolla, A.; Korndörfer, G.H.; Arruda, D.G. Acumulação de silício na soja sob diferentes níveis de calcário e silicato. In: Simpósio Científico do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, 1., 2004, Uberlândia. Anais... Uberlândia, UFU: 2004

Raij, B.V.; Camargo, O.A., 1973. Silica solúvel em solos. Bragantia, v.32, n.11, p.223-236.

Rosolem, C.A., 2002. Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar. Lavras: UFLA/FAEPE, 99p.

Savant,N.K.; Korndorfer, G.H.; Datnoff, L.E.; Snyder, G.H., 1999. Silicon nutrition and sugarcane productio: a review. Journal of Plant Nutrition, v.22, n.12, p.1853-1903.

7. NOTA DE RESPONSIBI LIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AZEVÉM COMO PASTAGEM DE INVERNO PARA GADO LEITEIRO REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Vinícius Gustavo Lira Borsa
Jakson Alexandre May
Amito José Teixeira
Vinícius Mateus Sehaber
Pedro Henrique Foletto Facchi
Vanderlei Carlos Veigel
Adilson Jose Szady
Fernanda Zanin

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

Emails: *vinilira196@gmail.com; jaksonmay@hotmail.com; amito@uricer.edu.br; viniciusmsehaber96@gmail.com; pedrofacchi99@gmail.com; vandeveigel@hotmail.com; adilson_szady@hotmail.com; fernandapz445@gmail.com*

Resumo: *O azevém (Lolium multiflorum Lam.) é uma gramínea anual que se desenvolve em grande parte da região neotropical, especialmente onde predominam os climas temperado e frio.A presente pesquisa versa sobre o azevém como a pastagem de inverno para gado leiteiro com o melhor valor nutritivo.O objetivo foi levantar as características de uma pastagem ideal para a produção de gado leiteiro no inverno. A revisão bibliográfica foi realizada mediante leitura sistemática, com fichamento de cada obra ressaltando os pontos abordados pelos autores pertinentes ao assunto em questão. Usou-se o método hermenêutico que discute as principais ideias dos autores. Pode-se classificar esse trabalho, do ponto de vista de sua natureza como pesquisa básica, uma vez que tem como objetivo gerar conhecimentos novos de interesse universal. Quanto aos objetivos, este trabalho é classificado como pesquisa, exploratória, pois utilizou-se de levantamento bibliográfico. Com relação aos procedimentos técnicos a pesquisa foi bibliográfica, pois, utilizou material já publicado em livros, artigos periódicos, monografias, dissertações, teses, anais. A pastagem é a fonte de alimentação mais econômica de alimentação para os bovinos e quando bem manejada pode ser a opção mais moderna e eficiente para assegurar ganhos econômicos e de produtividade na exploração. O uso de espécies forrageiras, como o azevém, em ambientes de clima temperado, são úteis para cobertura do solo e é uma alternativa para diminuição dos custos de alimentação dos animais no inverno, haja vista este ser o principal custo da pecuária, independente da espécie herbívora que se queira produzir. O azevém é considerado forrageiras de alta qualidade para uso no período de inverno/primavera e recomendado para alimentação de vacas em lactação com maior potencial produtivo. Esta forrageira é cultivada no período de outono e inverno, podendo ser utilizada tanto sob corte como para pastejo. Normalmente apresenta melhor valor nutritivo, se comparado com gramíneas de ciclo estival. Desde que manejado com alta oferta de matéria seca na dieta o azevém possibilita produção de leite superior a 20 kg leite vaca dia^{-1}. Levando-se em conta todos os tópicos analisados, pode-se concluir que o azevém caracteriza-se como uma pastagem de inverno de grande qualidade para a nutrição animal e excelente custo-benefício ao produtor.*

Palavras-Chave: *Gramínea, bovinos, revisão.*

1. INTRODUÇÃO

Uma importante atividade econômica e social para os pequenos produtores e/ou para a agricultura familiar é a produção de leite, que traz aos agricultores uma renda mensal, permitindo uma segurança financeira no campo (Santos, 2007). A cadeia produtiva do leite vem aumentando na região do Alto Uruguai Gaúcho, mas para que esses índices sejam ainda mais favoráveis é indispensável o uso de pastagens adaptadas regionalmente e bem manejadas

O azevém (*Lolium multiflorum Lam*.) é uma gramínea anual que se desenvolve em grande parte da região neotropical, especialmente onde predominam os climas temperado e frio (Burkart, 1975). De acordo com Hodgson (1990), a utilização das pastagens como o principal suprimento alimentar está relacionada ao baixo custo e ao alto potencial de produção. O Brasil é um país que possui grande potencial competitivo na produção de carne e leite, desde que as tecnologias hoje disponíveis sejam viabilizadas para os produtores (Pizzani, 2008).

Como a região do Alto Uruguai Gaúcho é baseada na exploração agropecuária, a implantação de sistemas de pastejo para a exploração leiteira torna-se favorável, oportunizando a rotação de culturas utilizando no verão plantio de milho e soja e na época de inverno plantio de pastagens anuais, como o azevém (Lolium multiflorum) destinadas para pastejo (Moraes et al., 2002), sendo que a dieta volumosa das vacas em lactação pode ser de 60% a 100% suprida pelas pastagens (Córdova et al., 2012).

A fonte de volumoso oferecido aos animais deve variar devido a intensificação da exploração leiteira e da exigência nutricional das vacas. Em sistemas produtivos em que os animais têm um maior potencial genético, deve-se fornecer pastagens de qualidade elevada, visando reduzir os gastos com suplementos e consequentemente tendo maior lucro na produção (Córdova et al., 2012). Visto que na atividade leiteira as pastagens são de grande importância, enfatizamos as forrageiras pertencentes a família botânica Gramineae, também chamada de gramíneas. Dentro desta família destaca-se a espécie azevém (Lolium multiflorum) a qual é caracterizada como espécie anuais de estação fria, e/ou hibernais ou temperadas. Esta espécie propicia alta produção de leite por vaca e por área, porém é exigente em fertilidade do solo, tendo exigência continua em nitrogênio (N), para obter maior qualidade (Córdova et al., 2012).

A presente pesquisa versa sobre o azevém como a pastagem de inverno para gado leiteiro com o melhor valor nutritivo.

O objetivo do trabalho foi evidenciar as características de uma pastagem ideal para a produção de gado leiteiro no inverno.

2. METODOLOGIA

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

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

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

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

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

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

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AS VANTAGENS DO AZEVÉM COMO PASTAGEM DE INVERNO PARA GADO LEITEIRO E A IMPORTÂNCIA DAS PASTAGENS E INOVAÇÃO NO MODO DE GERIR PROPRIEDADES

É extremamente prioritário o desenvolvimento de sistemas de produção de leite a pasto que tenham por objetivo obter um substancial aumento da produtividade com economicidade (Cóser, et al., 2001).

Avaliando o efeito da quantidade (2 e 4 kg) de suplemento energético (grão de milho) sobre o consumo de forragem e a produção de leite em vacas leiteiras pastejando azevém (*Lolium multiflorum*) em alta oferta de MS (35 kg/vaca/dia), verificou que a digestibilidade da MO da forragem ingerida foi 76,1% e a produção de leite nos dois tratamentos variou em torno de 22,5 kg/vaca/dia, não havendo diferenças significativas entre estes parâmetros. Estes resultados demonstram que esta espécie forrageira apresenta, além de boa produção de MS, ótima composição bromatológica, sendo seu uso recomendado (Ribeiro Filho (2007) apud Oltramari, et al 2009).

Segundo Moro (2010), o uso de espécies forrageiras, como o azevém, em ambientes de clima temperado, são úteis para cobertura do solo e é uma alternativa para diminuição dos custos de alimentação dos animais no inverno, haja vista este ser o principal custo da pecuária, independente da espécie herbívora que se queira produzir.

O estabelecimento do azevém é uma importante alternativa para o período de inverno, devido as temperaturas baixas que limita a produção das gramíneas tropicais. A utilização dessa espécie forrageira tem permitido a obtenção de forragem de alta qualidade durante o inverno (Gerdes, 2003).

Para que o primeiro encontro pastagem-ruminante seja mais promissor, a semeadura deve ocorrer logo que a temperatura do solo esteja próxima de 20ºC e haja umidade no solo suficiente para a germinação. Este evento normalmente ocorre em meados de março no sul do Brasil quando a radiação e a temperatura estão muito próximas do ideal para a cultura do azevém. Não havendo limitações de ordem nutricional para as plantas a pastagem pode estar disponível aos animais em 60 dias, ou seja, com desenvolvimento radicular e acúmulo de reservas (de carboidratos e de nitrogênio) suficientes para tolerar o pastejo (De Conto et al 2011).

Sob pastoreio rotativo o rebaixamento da pastagem não deve ultrapassar 50% da condição pré-pastejo. Durante o estágio vegetativo a condição pós-pastejo deve ser próxima a 6 cm e após o alongamento dos entrenós esta altura deve ser o dobro.

A Cultivar de azevém BRS Ponteio foi desenvolvida pela Embrapa visando alta produtividade, ciclo longo e alta proporção de folhas. O objetivo deste trabalho foi de avaliar a produtividade do azevém BRS Ponteio em propriedades rurais. O experimento foi conduzido em três Unidades de Observação (UO) nos municípios de Arroio do Padre e Capão do Leão (RS). A semeadura foi feita a lanço e foram realizados três cortes em cada UO. Foi avaliada a produtividade de forragem verde e de massa seca de forragem (kg ha^{-1}). A produtividade de matéria seca variou de 5161 kg ha^{-1} a 7816 ha^{-1} com média de 6134 kg ha^{-1}. Além disso, a cultivar BRS Ponteio obteve uma grande aceitação entre os produtores que mantiveram em suas propriedades as "unidades de observação", observando um aumento significativo da produção de leite, nos dias em que os animais pastejavam nos piquetes com essa cultivar utilizando em forma de pastoreio rotativo, com vacas lactantes. Foi também observado pelos produtores um prolongamento do uso da pastagem em relação há anos anteriores e a materiais sem origem que os produtores já vinham há vários anos usando em suas propriedades, tendo como resultado uma lucratividade maior, pois se diminuiu o gasto com rações e manteve a produtividade. Nas três propriedades, após os três cortes, o rebrote foi deixado com o propósito de se obter uma ressemeadura natural, diminuindo o custo de implantação da pastagem de inverno no próximo ano. A cultivar BRS Ponteio apresentou alta produtividade de forragem, variando conforme a data de semeadura e a adubação utilizada. Concluiu-se também que mesmo após os três pastejos houve uma ótima produção de sementes sendo esta quinze vezes maior do que a indicação de semeadura. Os produtores notaram que o uso da cultivar BRS Ponteio aumentou a produção leiteira e o período de uso da pastagem, diminuindo o custo de produção (Pinheiro et al, 2012).

Durante o inverno, com as baixas temperaturas e as geadas, verifica-se redução na disponibilidade e qualidade das pastagens nativas no sul do Brasil. Para suprir essa deficiência alimentar são largamente utilizadas pastagens temperadas, dentre elas o azevém (Lupatini et al., 2013).

A alimentação de vacas leiteiras a pasto vem crescendo, uma vez que a suplementação com concentrado aumenta o custo de produção (Deresz, 2001 apud Diel et al., 2014). Utiliza-se forrageiras com elevado teor de proteínas, como é o caso do azevém no inverno (Diel et al., 2014).

A caracterização edafoclimática da região noroeste do Rio Grande do Sul, com inverno rigoroso e úmido, verão quente e chuvoso, além de um solo que fisicamente apresenta bons atributos para o desenvolvimento de plantas, resulta em padrões alimentares característicos das propriedades leiteiras nesta região. Devido a facilidade de cultivo e alta produção de matéria seca, ocorre um grande predomínio de gramíneas de estação fria como o azevém (*Lolium multiflorum*) (Diel, et al 2014).

Segundo Merce Gregório (2014) pastagens cultivadas com azevém são uma boa alternativa para o inverno e a gramínea forma um dos cardápios mais nutritivos para o gado e fornece um ganho de peso muito acima da média em pastagens extensivas.

Segundo Pilau (2005) apud Pereira (2015) a capacidade de pastagem é representada pela quantidade e qualidade de forragem que é capaz de produzir, as quais são influenciadas pela espécie forrageira, pelas propriedades do solo, condições climáticas, pela idade fisiológica e pelo manejo que esta submetido.

3.2 VANTAGENS ECONÔMICAS DO AZEVÉM

A pastagem é a fonte de alimentação mais econômica de alimentação para os bovinos e quando bem manejada pode ser a opção mais moderna e eficiente para assegurar ganhos econômicos e de produtividade na exploração. Dessa forma, a exploração animal em pastagens tem potencial para ser competitiva devido à possibilidade de redução de custo de produção e de agregação de valor ao produto produzido de maneira sustentável (Salman, 2007).

As pastagens cultivadas de inverno, se constituem, na ferramenta mais econômica e rentável que o produtor rural pode utilizar para evitar os prejuízos gerados pelo rigoroso inverno na região sul do Brasil (Thompson, 2011).

Segundo Wolf (2014) o azevém é a pastagem mais palatável que existe pelo fato de o mesmo ser bem aceito por bovinos de boa genética. Além dos atributos mencionados, o mesmo ainda é muito resistente ao pastoreio, suportando mais de quatro cortes, possuindo um ótimo custo-benefício.

Diante das dificuldades econômicas que atingem o Brasil, perspectiva de queda do PIB, continuidade da inflação em alta e diminuição do emprego e renda, ocorre à indução da redução da produção de leite e incentiva os agricultores a diminuírem custos de produção (Fagundes, 2016 apud Mafra, 2016).

Deste modo, a adoção de pastagem cultivada de estação fria, como o azevém anual (*Lolium multiflorum Lam*.), é uma opção que visa manter altas produções de matéria seca com alta qualidade para atender a demanda nutricional dos animais a um baixo custo (De Conto, 2011).

3.3 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS DO AZEVÉM

O azevém é considerado forrageiras de alta qualidade para uso no período de inverno/primavera e recomendado para alimentação de vacas em lactação com maior potencial produtivo. Esta forrageira é cultivada no período de outono e inverno, podendo ser utilizada tanto sob corte como para pastejo. O objetivo do cultivo dessas forrageiras é produzir uma forragem de alta qualidade, aproveitar áreas de baixada durante a entressafra e reduzir o uso de concentrados (Cóser, et al, 2001).

Segundo Danielli et al (2011) o azevém é uma gramínea anual cespitosa de folhas eretas que apresenta alta produção e qualidade de forragem. Resistente ao pisoteio, a excessos de umidade, suportando altas lotações. Pode ser manejada para permitir a ressemeadura natural, ou seja, a produção e a queda das sementes no solo, não sendo necessário semear todos os anos, estando entre as principais espécies forrageiras de inverno plantas no Brasil junto com aveia branca e aveia preta. Quando comparada em termos nutricionais com outras forrageiras cultivadas para alimentação animal perde somente para a alfafa.

O azevém é uma ótima opção, pois é uma gramínea muito conhecida dos produtores, apresentando grande capacidade para germinar e se estabelecer em sobressemeaduras a lanço (Da Silva, et al, 2011).

O azevém (*Lolium multiflorum*) anual é a espécie forrageira de estação fria mais cultivada para pastejo no Sul do Brasil. Suas interessantes características forrageiras aliadas à reduzida produção da maior parte das espécies nativas durante o período de baixas temperaturas justificam a utilização em larga escala (De Conto, et al, 2011).

Olivo et al, (2014) afirma que o azevém normalmente apresenta melhor valor nutritivo, se comparado com gramíneas de ciclo estival. O que não difere dos dados encontrados por Ribeiro Filho et al. (2009) apud Mafra (2016) que pastagens de azevém desde que manejado com alta oferta de matéria seca na dieta possibilita produção de leite superior a 20 kg leite vaca dia^{-1}. E Delaby et. al, (2001) apud Mafra, (2016) relatou que vacas com elevado potencial podem chegar a produzir em média 22 kg leite vaca dia^{-1}.

4. CONCLUSÕES

Levando-se em conta os tópicos analisados, pode-se concluir que o azevém caracteriza-se por ser uma pastagem de inverno de grande qualidade para a nutrição animal e excelente custo-benefício ao produtor.

5. REFERÊNCIAS

Cóser, A. C. Forrageiras para corte e pastejo. Juiz de Fora – MG. 2001.

Danielli, L. D. O azevém e a sanidade das lavouras de cereais de inverno: uma planta do bem ou do mal? Revista Plantio Direto Passo Fundo, RS - Setembro/Outubro de 2011.

Da Silva, G. M. Pastagem de Tifton 85 Consorciado com Forrageiras de Inverno. Bagé, RS. 2011.

De Conto, L. Relação azevém anual (Lolium Multiflorum Lam.)- Ruminante anual ryegrass (Lolium Multiflorum Lam)-Ruminantrelation. Pelotas, RS. 2011.

Diel, M. Caracterização preliminar do manejo nutricional de bovinos de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão vol. 2 n°1. Cerro Largo, RS. 2014.

Gerdes, L. Introdução de uma mistura de três espécies forrageiras de inverno em pastagens irrigada de Capin- Aruana. Piracicaba, SP. 2003.

Gonçalves, E. Características morfogênicas de azevém anual (Lolium multiflorum Lam). Ciência Rural, Santa Maria, v.33, n.6, p.1129-1134, nov-dez, 2003. Santa Maria, RS. 2003.

Gregório, M. Pastagens cultivadas com o azevém são uma ótima alternativa para o inverno-Canal Rural. Bajé, RS. 2014.

Lupatini, G. C. Produção de bovinos de corte em pastagem de aveia preta e azevém submetida a adubação nitrogenada. Ci. Anim. Bras., Goiânia, v.14, n.2, p. 164-171, abr./jun. 2013. Goiânia. GO. 2013.

Mafra, G. M. Analise econômica de uma propriedade leiteira em transição de free stall para produção a base de pasto: Estudo de caso em uma propriedade do meio oeste catarinense. Curitibanos, SC. 2016.

Moreira, A. Nutrição mineral de bovinos de corte em pastejo - respostas de plantas forrageiras à adubação e de bovinos à suplementação da pastagem. São Carlos, SP. 2008.

Moro, V. Manejo de alturas da pastagem de aveio preta mais azevém e uso de suplemento para cabras pré e pós parto. Pato Branco, PR. 2010.

Olivo, C. J. Produtividade e valor nutritivo de pastos consorciados com diferentes espécies de leguminosas. *Cienc. Rural* [online]. 2012, vol.42, n.11, pp.2051-2058. Epub Sep 25, 2012. ISSN 1678-4596. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000098. Santa Maria, RS. 2012.

Oltramari, C. E. FORRAGEIRAS PARA GADO LEITEIRO. Curso de Produção Animal Sustentável – IZ/APTA-SAA - Disciplina Ecologia de Pastagens. Nova Odessa, São Paulo. 2009.

Pereira, L. B. Desempenho de bezerros mantidos em pastagem de aveia preta e azevém recebendo suplementação energética, advindos de pastagem de tifon 85. Santa Maria, RS, Brasil. 2015.

Pinheiro, E. C. Produtividade do azevem BRS em unidades de observação no interior do rio grande do sul. Pelotas, RS. 2012.

Rodrigues, D. A. Sobressemeadura de aveia e azevém em pastagens tropicais de inverno. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária é uma publicação semestral da Faculdade de Medicina veterinária e Zootecnia de Garça – FAMED/FAEF e Editora FAEF, mantidas pela Associação Cultural e Educacional de Garça ACEG. CEP: 17400-000 – Garça/SP – Tel.: (0**14) 3407-8000 www.revista.inf.br – www.editorafaef.com.br – www.faef.edu.br. Graça, SP. 2011.

Salman, A. K. D. Conceitos de manejo de pastagem ecológica. Porto Velho, RO. 2007.

Thompson, P. P. Pastagens de inverno: Recomendações, sistemas, semeadura, espécies e variedades. Bajé, RS. 2011.

Wagner, R. Qualidade e potencial nutracêutico do leite bovino em diferentes sistemas de produção e estações do ano. 2015.

Gerdes, L. Introdução de uma mistura de três espécies forrageiras de inverno em pastagem irrigada de capim Aruana. 2003. 73 f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

6. RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluído neste artigo.

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Arquitetura

e

Urbanismo

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CIDADES SUSTENTÁVEIS: A RELEVÂNCIA DO PLANEJAMENTO E SUA RELAÇÃO COM A ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

Adriana Paula Daniel
Ivana karine Aver
Marcia Cuiava
Renata Strassburg
Marciane Ziger
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621, Bairro Fátima –Erechim-RS-Brasil
apdaniel25@hotmail.com
ivanakarine@yahoo.com.
marciacuiava1@outlook.com
reenata_strass@hotmail.com
marcianeziger@hotmail.com

Resumo. *As cidades sustentáveis tem como objetivo uma melhora na qualidade de vida da população, um bom desenvolvimento econômico, além da preservação do meio ambiente. Decorrente da degradação ambiental da segunda metade do século XIX, foi necessária a criação de estudos que buscassem uma solução para a diminuição dos danos ambientais. Estes estudos lançaram a concepção de que o desenvolvimento deve estar ligado à ideia de sustentabilidade. Então assumir as responsabilidades para proteger, preservar e assegurar o acesso equilibrado aos bens naturais comuns, promover comunidades inclusivas e solidárias, além de reforçar os processos da Agenda 21 e outros que visam o desenvolvimento sustentável local e regional e integrá-los, de forma plena, ao funcionamento da administração em todos os níveis será de grande benefício para população, a fim de se ter uma melhora na qualidade de vida. Por isso é necessário reconhecer o papel estratégico do planejamento e do desenho urbano na abordagem das questões ambientais, sociais, econômicas, culturais e da saúde, para benefícios de todos*

Palavras Chave: *Cidades sustentáveis, Sustentabilidade, Qualidade de vida, Planejamento e Desenvolvimento econômico .*

1. INTRODUÇÃO

A intervenção do homem no meio natural, buscando suas necessidades como abrigo, alimentos, produção de bens e serviços, comunicação, interação social, enfim, de todas as questões inerentes à sociedade humana, tem transformado as condições ambientais e a própria existência das pessoas. De um ritmo calmo com pouco poder de intervenção sobre o meio ambiente, a sociedade passou, em menos de um século, para um modo de vida que espelha as mudanças de perfil tecnológico, econômico e social. Estas transformações trouxeram muitos benefícios à humanidade, mas também geraram um processo de urbanização acentuado.

A grande concentração de massas edificadas e as altas densidades causam sérios impactos na estabilidade do meio ambiente, produzindo espaços danificados e insalubres. Deste modo, sob a compreensão necessária de se pensar e se propor cidades mais sustentáveis para o futuro, pesquisadores em todo o mundo têm debruçado sobre a criação ou formulação de teorias que proporcionem modos de vida e de ocupação territorial menos impactantes ao meio ambiente.

2. CIDADES SUSTENTÁVEIS

Cidades sustentáveis são locais que possuem uma política de desenvolvimento para promover o meio ambiente natural. Tem como diretriz a ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar degradação dos recursos naturais.

Grande parte dos problemas ambientais globais têm origem nas cidades e/ou nos seus modos de vida, e dificilmente se poderá atingir a sustentabilidade ao nível global sem se tornar as cidades sustentáveis. É nas cidades que a dimensão social, econômica e ambiental do desenvolvimento sustentável convergem mais intensamente (European Commission, 2007). Assim, torna-se necessário que as cidades sejam pensadas, geradas e planejadas de acordo com um modelo de desenvolvimento sustentável.

Diversas iniciativas podem criar no ambiente urbano um lugar sustentável, o que é imprescindível para que não seja ameaçada a estabilidade das cidades ao longo dos anos. A ideia que deve guiar essas ações é que a sustentabilidade é um fator de desenvolvimento, e não um entrave a ele. Assim, sustentáveis são as práticas compatíveis com a qualidade futura postulada como desejável.

Toda cidade sustentável se desenvolve a partir de uma ligação adequada, respeitável e ponderada entre o meio ambiente construído e a geografia natural. Portanto, planejar todas as etapas da urbanização é essencial para que a cidade possa ser bem cuidada (Leite, 2012).

As cidades sustentáveis caracterizam-se pela utilização de formas alternativas de energia; priorizam o transporte público, reciclam resíduos e outros materiais; limitam o desperdício, previnem a poluição, maximizam a conservação e promovem a eficiência. Integra-se planejamento e design para que elas sejam possíveis, visto que é durante a fase de planejamento de uma cidade sustentável que os pontos que devem ser melhorados são definidos (Programa Cidades Sustentáveis, 2012).

A humanidade está em um patamar de desenvolvimento tecnológico e social que causaram danos gravíssimos para a natureza. Deste modo, afetou diretamente fatores vitais para o ser humano, uma vez que a poluição cresceu juntamente com o desenvolvimento das sociedades. A grande quantidade de veículos nas ruas, nos últimos anos, fez aumentar os índices de gases nocivos à saúde na atmosfera. O lixo jogado nas ruas causa entupimento de bueiros, o que dificulta o escoamento da água da chuva. Além disso, mesmo quando ocorre o escoamento, a água leva detritos diretamente para o curso dos rios, córregos, mananciais, entre outros. O aumento das cidades e de lavouras no campo de forma irresponsável contribui maciçamente com o desmatamento.

De fato, a ocupação e o desenvolvimento dos espaços habitáveis sejam eles no campo ou na cidade, não podem ocorrer de forma meramente acidental sob as forças dos interesses privados e da coletividade. Ao contrário, são necessários profundos estudos acerca da ocupação, sua finalidade, avaliação da geografia local, da capacidade de comportar essa ocupação sem danos para o meio ambiente, de forma a proporcionar boas condições de vida para as pessoas, permitindo desenvolvimento econômico-social, harmonizando os interesses particulares e da coletividade.

Atualmente se constata que os problemas enfrentados por moradores das cidades se intensificaram. Alguns autores opinam que vivemos em um tempo de crise das cidades (Barat, 2012). Nesse momento histórico, esse quadro decorre geralmente da alta concentração populacional nas cidades e ausência de planejamento sustentável nos momentos de criação e desenvolvimento das mesmas, ou seja, carência em manter um ambiente urbano transformando-se a todo instante sustentavelmente.

Sendo assim, passamos a conviver com a decomposição do espaço urbano, da separação espacial dos postos de trabalho da residência, da obsolescência e desativação dos lugares, dos edifícios e das indústrias privando-os de referências espaciais e temporais tradicionais.

Assim a sustentabilidade entra no cenário urbano como a possibilidade de corrigir a desigualdade social e estabelecer um diálogo com o setor econômico, unir esforços e contemplar, em políticas públicas, projetos para uma melhor qualidade de vida às pessoas.

Conforme destaca Acselrad (2001, p. 23), o desafio da construção de cidades, com novos parâmetros, não se pode restringir as concepções de um urbanismo ecologizado que se satisfaça em promover cidades compactas, capazes de economizar espaço e energia, nem tampouco que tenha na sustentabilidade um mero atributo simbólico adicional para a competição interurbana desenvolvida através do marketing das cidades. Trata-se, isto sim, de pensar um novo modelo de desenvolvimento urbano, baseado nos princípios da democratização dos territórios, no combate à segregação socioespacial, na defesa dos direitos de acesso aos serviços urbanos e na superação da desigualdade social manifesta também nas condições de exposição aos riscos urbanos.

Sendo assim, a sustentabilidade não deve ser entendida como uma moda, ou um estilo de vida alternativo de uma minoria da população preocupada com as questões ambientais, mas sim como uma condição essencial à sobrevivência e permanência da vida na Terra. Um urbanismo sustentável prima pela diversidade de usos e funções que respeite as condicionantes geográficas e ambientais locais e regionais, bem como as escalas de apropriação do espaço.

É o espaço que permite a construção de identidades, é onde ocorrem as interligações e a possibilidade de estabelecer o bem-estar à população e está intimamente relacionado ao modo de vida urbano, isto quer dizer que o funcionamento da sociedade deve-se considerar a dimensão urbana. Outro aspecto é que os vínculos sociais são dependentes deste ambiente que foi e vem sendo construído pelas e com as pessoas.

Segundo (Gehl, 2010, p.10)

> A sustentabilidade reflete o diálogo entre o urbano e o natural. Se, por exemplo, alienamos os rios da paisagem das cidade, enterrando-os em caixas de concreto de forma que desapareçam de vista, perdemos essa referência e o ensejo de para averiguar a qualidade de suas águas. Em contrapartida, se ao longo de suas margens implantamos um parque linear, se incorporamos o seu usufruto à nossa vivência urbana, a dimensão ambiental se valoriza e a sustentabilidade aumenta. Se combatemos o desperdício de todas as formas de deslocamento mais eficientes, aproximando funções urbanas de vida e trabalho, a sustentabilidade tenderá ao infinito.

3. PLANEJAMENTO DE UMA CIDADE SUSTENTÁVEL

O planejamento é uma decisão e um instrumento estratégico para garantir e manter o equilíbrio espacial, social e ambiental, além de melhorar a qualidade de vida nas cidades. Reconhecer esse papel estratégico do planejamento e do desenho urbano é fundamental na abordagem das questões ambientais, sociais, econômicas, culturais e da saúde, para benefício de todos.

De acordo com a Agenda 21(1992), a redução da pobreza urbana só será possível mediante um planejamento e administração ideal do solo. Segundo o mesmo documento, reconhece que o planejamento ambiental deve favorecer sistemas de infraestrutura ambientalmente saudáveis que possam ser traduzidos pela sustentabilidade do desenvolvimento urbano. Logo, o planejamento ambiental deverá promover tecnologias de obtenção de energia mais eficientes, assim como formas alternativas e renováveis de energia e sistemas sustentáveis de transporte.

Todos os países devem incentivar o transporte público, encorajar formas não motorizadas de transporte, fornecendo vias seguras para ciclitas e pedestres, e estimular padrões de desenvolvimento que reduzam a demanda de veículos. (Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável, p. 21)

4. ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

O projeto de arquitetura sustentável contesta a ideia do edifício como obra de arte e o compreende como parte do habitat vivo, estreitamente ligado ao sítio, à sociedade, ao clima, à região e ao planeta. Se compromete a difundir maneiras de construir com menor impacto ambiental e maiores ganhos sociais, sem contudo, ser inviável economicamente.

Sob a compreensão necessária de se pensar e se propor cidades mais sustentáveis para o futuro, especialmente na última década, os arquitetos encontram-se cada vez mais preocupados em desenvolver projetos acompanhados de um compromisso com a sustentabilidade, o que de certa forma, nos parece inseparável do próprio projeto de urbanismo. Dentre as principais vertentes desse pensamento destaca-se a criação ou formulação de teorias que proporcionem modos de vida e de ocupação territorial menos impactantes ao meio ambiente. A elaboração de um projeto de arquitetura na busca por uma maior sustentabilidade deve considerar todo o ciclo de vida da edificação, incluindo seu uso, manutenção e sua reciclagem ou demolição.

Segundo Yeang (1999), "É extremamente importante que o profissional tenha em mente que todas as soluções encontradas não são perfeitas, sendo apenas uma tentativa de busca em direção a uma arquitetura mais sustentável. Com o avanço tecnológico sempre surgirão novas soluções mais eficientes."

A prática da arquitetura sustentável em empreendimentos imobiliários pode ser ainda mais vantajosa, pois esse nicho de mercado é hoje um diferencial e está dentro da necessidade urgente de melhores indicativos de qualidade de vida.

A adoção de soluções ambientalmente sustentáveis na construção não acarreta em um aumento de preço, principalmente quando adotadas durante as fases de concepção do projeto. Em alguns casos, podem até reduzir custos.

De acordo com dados do Worldwatch Institute, a construção de edifícios consome 40% das pedras e areia utilizados no mundo por ano, além de ser responsável por 25% da extração de madeira anualmente. É natural que a sustentabilidade assuma, gradualmente, uma posição de cada vez mais importância neste cenário. O conceito de construção sustentável baseia-se no desenvolvimento de modelos que permitam à construção civil enfrentar e propor soluções aos principais problemas ambientais de nossa época, sem renunciar à moderna tecnologia e a criação de edificações que atendam as necessidades de seus usuários.

Seguindo todos os parâmetros e mantendo-se dentro das especificações da arquitetura sustentável, os prédios são avaliados e recebem um selo de acordo com os parâmetros de sustentabilidade adotados na construção. Sendo assim, valoriza-se o imóvel e garante-se uma vida plena e menos estressante para toda uma comunidade.

Desta forma, foi criada a primeira norma técnica para cidades sustentáveis do Brasil, a NBR ISO 37120:2017 que define e estabelece metodologias para um conjunto de indicadores relacionados ao desenvolvimento sustentável de comunidades urbanas, com o objetivo de orientar e medir o desempenho de serviços urbanos e qualidade de vida. A referida Norma contém 100 indicadores de sustentabilidade urbana e trata dos aspectos ambiental, econômico, social e tecnológico, estabelecendo quais requisitos devem ser avaliados para se medir essa sustentabilidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cidades sustentáveis buscam a conscientização e o auxílio dos seus habitantes por meio de programas que divulguem informações sobre as mesmas, assim como por meio de conferências ambientais e por meio da mídia para que se melhore o meio ambiente e a qualidade de vida, ao mesmo tempo em que se desenvolve uma economia que sustente a prosperidade dos sistemas humanos e dos ecossistemas.

A cidade sustentável também propõe uma nova forma de coesão social, na qual é privilegiado o acesso irrestrito do

cidadão ao seu lugar, de forma igualitária e imparcial, reforçando e potencializando seus aspectos históricos, culturais e ambientais, minimizando os entraves socioeconômicos e tecnológicos e potencializando a qualidade de vida.

Sendo assim, a sustentabilidade não deve ser entendida como uma moda, ou um estilo de vida alternativo de uma minoria da população preocupada com as questões ambientais, mas sim como uma condição essencial à sobrevivência e permanência da vida na Terra. Um urbanismo sustentável prima pela diversidade de usos e funções que respeite as condicionantes geográficas e ambientais locais e regionais, bem como as escalas de apropriação do espaço. O lugar, o particular, a identidade cultural, as especificidades, são estes os atributos que devem estar presentes na urbe do futuro, esta que reconhece o sentido de comunidade, o ambiente e a otimização energética.

Portanto, é necessário que se haja uma conscientização das pessoas em geral, para que se tenha uma conservação eficaz do meio em que habitamos pois, os recursos naturais que temos hoje não vão durar para sempre, se não forem conservados adequadamente. O desafio atual é elevar o patamar da qualidade de vida de nossas cidades, aliando o crescimento, a sustentabilidade e a inteligência social, ambiental e econômica. As infraestruturas devem ser desenvolvidas com uma gestão competente, principalmente no que diz a respeito ao desafio da mobilidade urbana. É necessário repensar os espaços de uso coletivo tornando-os parte integrante de nossas cidades.

6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de normas Técnicas. NBR ISO 37120:2017, 2017. *Desenvolvimento sustentável de comunidades – Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida.*

Acselrad, H. A., 2001. *Duração das cidades – Sustentabilidade e risco nas Políticas Urbanas*. Ed. PB&A.

Barat, J., 2005. *Crise urbana – O desafio maior*. O Estado de São Paulo. São Paulo.

Franco, M. A. R., 2008. *Planejamento Ambiental Para a Cidade Sustentável*. 2. Ed. São Paulo.

Gehl, J., 2013. *Cidades para Pessoas*. São Paulo: Perspectiva, pg. 10 - 116.

Leite, C., 2012. *Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano*. Porto Alegre: Bookman.

Loureiro, M. M., Gregori, I., 2017. *Como construir cidades sustentáveis*. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em:<https://periodicos.ufsm.br/revistadireito/article/view/8348/5030>. Acesso em: Junho, 2017.

Ministério do Meio Ambiente, 2002. *Agenda 21 Brasileira*. Disponivel em:<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira>. Acesso em: Junho,2017.

Portal Eco Hospedagem, 2017. *Arquitetura e Sustentábilidade*. O início de uma pousada sustentável. Disponível em: <https://ecohospedagem.com/a-arquitetura-e-a-sustentabilidade-o-inicio-de-uma-pousada-sustentavel/>. Acesso em: Junho, 2017.

Programa Cidades Sustentáveis, 2013. *Biodiversidade e Planejamento Urbano*. Disponível em: <http://www.cidadessustentaveis.org.br/boas-praticas/biodiversidade-e-planejamento-urbano>. Acesso em: Junho, 2017.

_____, 2013. *Calçadas para Todos*. Disponível em: <http://www.cidadessustentaveis.org.br/boas-praticas/calcadas-para-todos>. Acesso em: Junho, 2017.

Revista Direito das Cidades, 2012. *Cidades Sustentáveis*. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rdc/article/view/9710>. Acesso em: Junho, 2017.

Sachs, I., 2008. *Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável*. 3a edição. Rio de Janeiro: Ed. Garamond.

Vecchia, R. 2010. Cidades Sustentáveis. Disponível em: <http://sustentabilidades.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=178%3Acidades-sustentaveis&catid=3%3Anoticias&Itemid=34>. Acesso em: junho,2017.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo trabalho realizado.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

USO DE METODOLOGIAS ATIVAS PARA A APLICAÇÃO E FIXAÇÃO DE CONTEÚDO NA DISCIPLINA DE TOPOGRAFIA NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

Alessandro Emilio Valmorbida
URI– ERECHIM, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
alessandroev@uricer.edu.br

Resumo.*O presente trabalho propõe relatar a experiência vivenciada em sala de aula sobre o uso de Metodologias Ativas como forma de aplicação e fixação de parte do conteúdo da disciplina de Topografia, para alunos de uma turma do curso de Arquitetura e Urbanismo na URI-Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim. Para este fim, foi desenvolvido um plano de aula com base no conteúdo relacionado às questões de medida direta de distância com transposição de obstáculos e uso de mangueira de nível. Teve-se como objetivos da aula, proporcionar aos alunos a vivência de situações reais dentro da sala de aula, sobre medida direta de distância quando existe a presença de obstáculos que permitam a visada ou, não permitam a visada, utilizando a técnica de triângulos semelhantes neste último caso, e, ainda, a aplicação prática sobre uso da mangueira de nível em situações de desnível, atividade muito rotineira por profissionais de obras. Como metodologia adotada, aplicou-se a criação de uma situação imaginária dentro da sala de aula, como se ela fosse um terreno real, onde, através do uso das próprias classes, simularam-se obstáculos visando à realização das medições, com o uso de trenas e balizas. Também foram utilizadas as cadeiras e classes para simular um desnível de terreno e a mangueira. Os resultados obtidos através desta prática, foram a fixação do conteúdo anteriormente explicado, o envolvimento e a participação dos estudantes, além de um bom desempenho dos mesmos na realização da avaliação final.*

PalavrasChave: *Metodologias ativas, fixação, envolvimento, situações reais, participação.*

1. INTRODUÇÃO

O acelerado incremento e uso das tecnologias e mídias sociais, muito presentes na vida cotidiana das pessoas, em especial na vida das crianças e jovens, tem induzido a um grande envolvimento destes neste novo cenário vitual.

Neste sentido, nos deparamos com a forma de ensino em sala de aula até então adotada, que está cada vez mais defasada em contra ponto com as facilidades encontradas no nosso dia a dia, forçando as instituições de ensino e seus docentes a buscarem e criarem novas formas de ensino, como forma de atrair a atenção dos alunos nas aulas, visando a aprendizagem dos conteúdos escolares.

Essas novas formas que surgem, estão amparadas nas chamadas "Metodologias Ativas". Tais metodologias visam, entre outras coisas, colocar o aluno diante de situações reais, onde possam ter um maior envolvimento e participação na aula, como tática que pretende a melhor fixação dos conteúdos.

Segundo Moran (2015), a educação formal está num impasse diante de tantas mudanças na sociedade, como evoluir para tornar-se relevante e conseguir que todos aprendam de forma competente a conhecer, a construir seus projetos de vida e a conviver com os demais.

Os processos de organizar o currículo, as metodologias, os tempos e os espaços precisam ser revistos. Ainda, teóricos como Dewey (1950), Freire (2009), Rogers (1973), Novak (1999), entre outros, enfatizaram, há muito tempo, a importância de superar a educação bancária, tradicional e focar a aprendizagem no aluno, envolvendo-o, motivando-o e dialogando com ele.

2. OBJETIVO

Neste contexto, o presente artigo buscou compartilhar a experiência vivenciada através de uma ideia simples, mas eficaz, sobre o uso de uma Metodologia Ativa que contemplasse principalmente o envolvimento do aluno, colocando-o em uma situação real dentro da própria sala de aula e com os próprios recursos presentes no local.

3. MEDIDA DIRETA DE DISTÂNCIA

Quando se realiza uma medida direta de distância, está-se aplicando o instrumento de medida diretamente sobre o terreno, ou seja, quando a mesma é determinada a partir da comparação com uma grandeza padrão, previamente estabelecida. Neste sentido, algumas situações no processo de realizar as medições podem ocorrer como a realização de medida direta com transposição de obstáculos, permitindo ou não a visada, assim como a verificação de níveis com o uso da mangueira de nível. Neste sentido buscou-se o uso da aplicação da Metodologia Ativa.

3.1 Medida direta com transposição de obstáculo permitindo a visada

Para a realização da medida de distância direta entre pontos visíveis, porém com a presença de algum obstáculo (edificação, lago, alagado, mata, árvore, etc.), costuma-se fazer uso da marcação em campo de várias visadas.

Como indicado na figura 1 a seguir, existe uma edificação sobre o alinhamento AD, o que impede a determinação do seu comprimento simplesmente através de uma medida linear.

Assim, para que a distância AD possa ser determinada, realiza-se a soma dos trechos medidos horizontalmente.

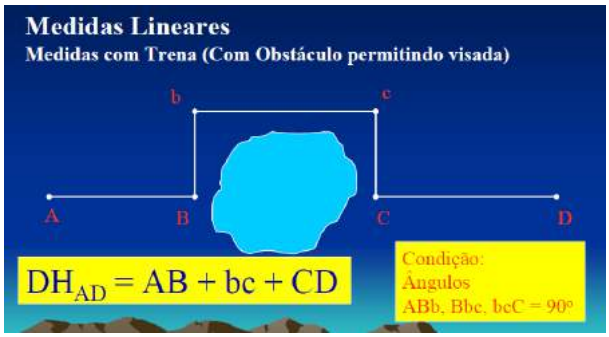


Figura 1. Medida linear com transposição de obstáculo permitindo a visada.

3.2 Medida direta com transposição de obstáculo não permitindo a visada

Segundo Garcia e Trindade (1984), para a medida de distâncias entre pontos não intervisíveis, ou seja, em que a mesma não possa ser obtida pela existência de algum obstáculo (edificação, lago, alagado, mata, árvore etc.), costuma-se fazer uso da marcação, em campo, de triângulos semelhantes.

Como indicado na figura a seguir, de acordo com Garcia e Trindade (1984), existe uma edificação sobre o alinhamento AB, o que impede a determinação do seu comprimento pelos métodos explicitados anteriormente.

Assim, para que a distância AB possa ser determinada, escolhe-se um ponto C qualquer do terreno de onde possam ser avistados os pontos A e B. Medem-se as distâncias CA e CB, e, a meio caminho de CA e de CB são marcados os pontos D e E. A distância DE também deve ser medida.

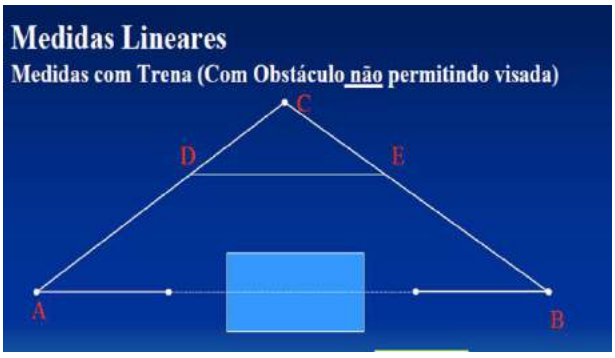


Figura 2. Medida linear com transposição de obstáculo não permitindo a visada.

Após estabelecer a relação de semelhança entre os triângulos CAB e CDE, a distância AB será dada por:

$$AB = \frac{CA.DE}{CD}$$

Figura 3. Fórmula – semelhança de triângulos.

3.3 Nivelamento de mangueira

Segundo Zimmermann (2015), o uso do nivelamento de mangueira, trata-se de um método de pouca precisão, mas que possui uma boa aplicação para "conferências" em pequenas obras. Ele baseia-se no princípio dos vasos comunicantes, onde o nivelamento entre dois pontos de mesma cota é avaliado pela altura no nível d'água na mangueira. O nível deve ser obtido no ponto mais baixo e o diâmetro da mangueira deve ser pequeno para haver maior sensibilidade e precisão na leitura. Deve-se tomar alguns cuidados, como é o caso das bolhas de ar, a transparência da mangueira seja boa e possíveis furos.

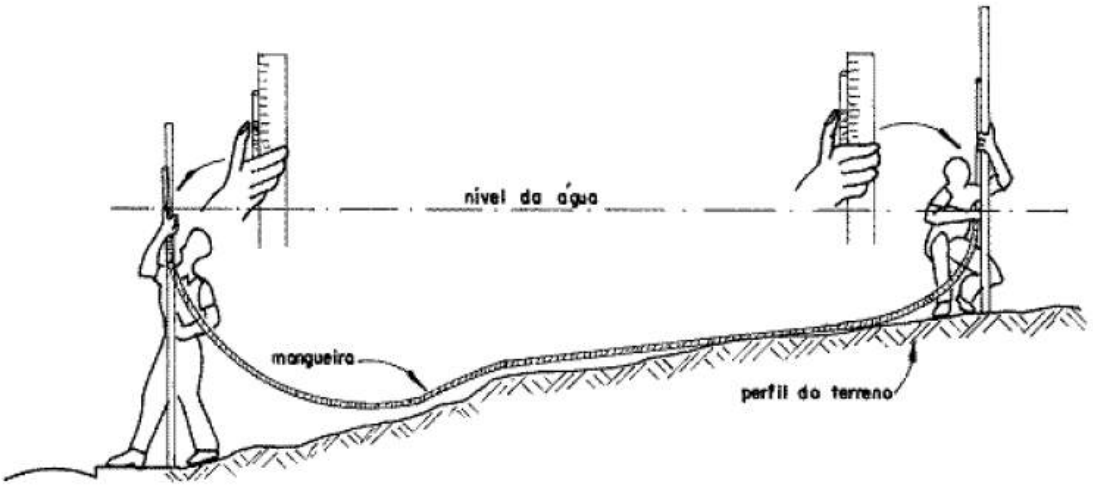


Figura 3. Exemplo de medição em obra com o nivelamento de mangueira usando mira graduada.

4. METODOLOGIA

O método deste trabalho consistiu em criar uma situação imaginária, dentro da sala de aula, como se ela fosse um terreno, para a realização da medição de distância com obstáculo, permitindo a visada e, não permitindo a visada. Para isso, recorreu-se ao uso das próprias classes que serviram como ferramentas e equipamentos, simulando os obstáculos e proporcionando que se efetuassem as medições, conforme figura 4. Além disso, fez-se uso de trena e baliza.

Figura 4. Realização da medição com obstáculo dentro da sala de aula.

Para a realização da medição do nivelamento com mangueira, utilizou-se o próprio piso, com nível 0,00 e, as cadeiras e classes para os demais níveis, simulando assim, o desnível do terreno. Na figura 5, pode ser verificada a realização desta atividade.

Figura 5. Realização do nivelamento com mangueira dentro da sala de aula.

5. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com esta simples, porém eficaz atividade, foram a percepção do nível de fixação do conteúdo através de bons resultados na atividade avaliativa realizada pelos alunos. Além disso, e de uma forma empírica, percebeu-se um bom nível de satisfação dos estudantes por terem sido submetidos a uma situação real, mesmo que imaginária.

Por fim, cabe salientar que o caminho das instituições de ensino, deve ser direcionado para que se priorize o envolvimento maior desses estudantes em situações articuladas ao uso de metodologias ativas, pois é certo que os antigos métodos chamados "tradicionais", possuíam maior sentido quando o acesso à informação era dificultoso. No entanto, nos tempos atuais, através dos meios de comunicação e tecnologias, pode- se aprender em qualquer hora ou lugar, mesmo que, num primeiro momento, isso possa causar dúvida e estranheza.

6. REFERÊNCIAS

ABNT, 1994. NBR 13133: "Execução de levantamento topográfico". Rio de Janeiro, Brasil.
Casaca, J. M.; Matos, J. L.; Dias, J. M. B..Topografia Geral. 4. ed. LTC, 2011.
Comastri, J. A.; TULER, J. C. Topografia: altimetria. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010.
Borges, A. C. Topografia aplicada à Engenharia Civil. 3ª reimpressão. São Paulo: E. Blücher, 1999. v. 1 e v. 2.
Dewey, J. Vida e Educação. São Paulo: Nacional. 1959a.
Espartel, L. Curso de Topografia. Porto Alegre: Globo, 1982.
Freire, P. Pedagogia da Autonomia. 36. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2009.
Garcia,G.J.; Piedade, G.C.R. Topografia aplicada às ciências agrárias. 3ª edição. São Paulo: Nobel, 1984,
Novak, J. D.; Gowid, D. B. Aprender a aprender. 2. ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 1999.
Rogers, C. Liberdade para Aprender. Belo Horizonte: Ed. Interlivros, 1973.
Zimmermann, C.D. Apostila de Topografia. 1. ed. Universidade Federal de Santa Catarina - Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Civil Florianópolis, 2015.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

O autor é o único responsável pelo material contido neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PLANO PILOTO DE BRASÍLIA

Ana Paula Zulian
Carine Scanagatta
Daniela Rosin
Mônica Brandler
Ivana Karine Aver
URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Uri Campus de Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621, bairro Fátima.
anazulian@live.com
carine.scanagatta@hotmail.com
danirosin8@gmail.com
mony-15@live.com
ivanakarine@yahoo.com.br

Resumo. *A capital federal do país, Brasília, foi projetada para ser destaque no Brasil e no mundo, por sua arquitetura ousada e moderna e por apresentar um traçado urbano diferenciado. Tombada pela UNESCO, como patrimônio da humanidade, seu projeto se iniciou através de um concurso, organizado pelo governo de Juscelino Kubitschek; onde o objetivo principal era transferir a capital para o interior do Brasil. A capital federal, está localizada no planalto central e foi situada em um ponto estratégico por se tornar um local de ligação entre várias regiões do Brasil. A escolha desse local para a construção se deu, pois, nesse espaço possuía grandes rios o que propiciaria o funcionamento de uma cidade. Partindo disto JK, lançou o concurso para a escolha do projeto urbanístico de Brasília onde o vencedor foi Lúcio Costa. O plano Piloto idealizado por Lúcio tinha um conceito de interação entre a sociedade. A inspiração principal para o plano foi baseada no sinal da cruz, visto que seu traçado reto entre os dois eixos se resume em forma de cruz. Para abrigar os moradores, Lúcio Costa criou as superquadras para o setor residencial. Onde os edifícios não poderiam passar de seis andares para incentivar a interação entre os moradores, conceito proposto no projeto.*

Palavras-chave: *Planejamento Urbano, Brasília, Plano Piloto*

1. INTRODUÇÃO

Brasília, a cidade planejada para ser a capital política do Brasil, tombada como patrimônio da humanidade pela UNESCO, é uma das pioneiras no âmbito da arquitetura e do urbanismo moderno, ousado e inovador. Seu conjunto arquitetônico forma o maior complexo da arquitetura moderna, tendo destaque seu traçado característico que se diferencia das cidades tradicionais pela sua horizontalidade. Sua proposta urbana surgiu através de um concurso realizado no governo de Juscelino Kubitschek, que objetivava transferir a capital que então se localizava no Rio de Janeiro para o interior do Brasil. A meta de JK foi concretizada pelos mestres Lúcio Costa, autor do projeto urbanístico, e Oscar Niemeyer, responsável pelos projetos arquitetônicos dos principais edifícios da capital.

2. O INÍCIO DO URBANISMO EM BRASÍLIA

Brasília está estabelecida no planalto central brasileiro, a mais de 1100 km do litoral, servindo como ponto de união entre as diversas regiões do país. No início da década de 1950 as cidades mais desenvolvidas se concentravam na costa, inclusive a capital da época, o Rio de Janeiro. Nesta época quem governava o Brasil era o então Presidente Juscelino Kubitschek, tinha a ambição de desenvolver o país e marcar sua trajetória na história. Um dos seus principais objetivos era transferir a capital nacional para uma área interiorana, cumprindo uma promessa de campanha. Com a instalação na região centro-oeste, pretendia-se alavancar o desenvolvimento desta porção do território. Como afirma Juscelino Kubitschek em seu discurso, "No vasto planalto central, Brasília, o sonho acalentado desde os inconfidentes, surge no centro de gravidade do país para comandar a conquista do interior e trazer até ele a civilização que se espraia pelo Atlântico." (ASTIZ, 2010).

JK declara no dia 19 de setembro de 1956, com a publicação da Lei nº 2.874, a fundação da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP), e ao mesmo tempo, promove um concurso para a realização do

projeto urbanístico de Brasília. O desenhista dos prédios oficiais já estava escalado: era Oscar Niemeyer, pois ele já havia criado o Bairro da Pampulha para JK, quando este era prefeito de Belo Horizonte. (SABBAG, 2012).

Para Milton Santos (1965, p. 57) Brasília é, ao mesmo tempo, uma capital política e um canteiro de construção. Surgiu como um canteiro de construção e continuou sendo, após a instalação, ali, dos três poderes do Governo brasileiro. Brasília é, também, uma cidade 'artificial' e uma grande cidade, uma capital de um País subdesenvolvido. (PAVIANI, 1985).

3. O CONCURSO

O Concurso Nacional do Plano Piloto da Nova Capital do Brasil foi aberto pela Comissão de Planejamento da Construção e da Mudança da Capital Federal e publicado no Diário Oficial da União em 20 de setembro de 1956. Sessenta e dois candidatos, entre grupos de arquitetos e empresas do ramo, se inscreveram. Contudo, apenas 26 compareceram para apresentar suas ideias a um júri composto por nomes como Oscar Niemeyer e Israel Pinheiro. (SABBAG, 2012).

Dentre estes nomes, estava o de Lúcio Costa, que se inscreveu de última hora e projetou o que hoje é um ícone do urbanismo moderno brasileiro. Como Lúcio Costa afirma no relatório enviado para o concurso, a nova capital deve ser uma "Cidade planejada para o trabalho ordenado e eficiente, mas ao mesmo tempo cidade viva e aprazível, própria ao devaneio e à especulação intelectual, capaz de tornar-se, com o tempo, além de centro de governo e administração, num foco de cultura dos mais lúcidos e sensíveis do país. " (CODEPLAN, 1991).

Brasília é considerada um exemplo no urbanismo e na arquitetura Brasileira. Um modelo da aplicação dos princípios da Carta de Atenas (1933) - habitar, trabalhar, recrear e circular, dos CIAM, das ideias de Le Corbusier, e da cidade funcional, que foi a ideia mais difundida no projeto. (SABBAG, 2012).

4. O PLANO PILOTO

O plano piloto não apresenta um espaço homogêneo, distinguindo a área residencial, a área administrativa e comercial/serviços. (SABBAG, 2012). Brasília foi planejada com base no conceito da interação entre a sociedade, independente de sua classe social. Idealizado por Lúcio Costa, o plano nasceu do simples gesto de fazer o sinal da cruz, um traçado reto entre o cruzamento de dois eixos que se resumiria a uma forma em cruz. Para se encaixar a topografia local o projeto teve que passar por algumas adaptações. Para que a água das chuvas pudesse ser escoada, o eixo horizontal precisou ser inclinado, dando ao plano a forma parecida de um avião. No eixo leste a oeste (cabine a cauda do avião) foi situada toda a parte administrativa da capital, o centro cívico e o setor cultural. Para abrigar os moradores da capital, Lúcio Costa criou as superquadras para o setor residencial, onde os edifícios não poderiam passar de seis andares para incentivar a interação entre os moradores locais, que assim poderiam se comunicar melhor e observar mais de perto o que ocorria no térreo, e com o intuito de que todas as necessidades das pessoas que ali vivessem fossem atendidas, organizadas a partir de uma interpretação de cidade-jardim (SABBAG, 2012). Os eixos monumentais com as pistas de tráfego separadas por um imenso gramado embelezam a cidade e agregam as funções governamentais, de trabalho e de lazer. Esse gramado converge em direção ao congresso nacional. Os vazios e espaços livres apresentados como área verde são elementos do projeto moderno. Para Lúcio Costa os vazios do seu plano piloto são “ingrediente da concepção urbanística de Brasília”. (SABBAG, 2012). Entre meio a superquadra encaixou-se as quadras comerciais.

Não só Lúcio Costa, mas outro arquiteto e urbanista que teve grande importância na construção da capital foi Oscar Niemeyer, que projetou os palácios e edifícios públicos de Brasília, deixando sua marca na história da criação da capital federal (SABBAG, 2012).

Como toda cidade mesmo sendo projetada, Brasília não conseguiu controlar a expansão urbana que era um dos objetivos do urbanismo moderno, e acabou se formando de um lado a cidade planejada conforme o plano piloto, com uma boa qualidade de vida, e do outro uma cidade espontânea sem planejamento, sem infraestrutura, mais conhecida como cidade satélite, construída em paralelo com a capital federal. Surgiu a partir da vinda dos operários para a concretização do projeto. (SABBAG, 2012).

Em busca por uma vida melhor, acabaram se estabelecendo no local, formando os primeiros aglomerados populacionais mais afastados, devido suas condições financeiras, divergindo com o plano elaborado por Lúcio Costa fazendo com que essa diferença destoe como a cidade “ideal”, ao lado de cidades “reais”. (SABBAG, 2012).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A idealização do projeto teve como objetivo principal marcar a trajetória política de Juscelino Kubitschek. Planejada por Lúcio Costa o projeto veio acompanhado de inúmeros benefícios para o país, pois promoveu o desenvolvimento populacional, o crescimento de várias regiões, a valorização do Brasil em relação ao planejamento urbano e arquitetônico moderno. Toda a cidade foi pensada conforme as condições naturais, a partir de estudos feitos na região. Isso faz com que ela se torne um exemplo de cidade 'ideal' no âmbito urbanístico. Porem com o crescimento populacional não previsto no planejamento da cidade, as características iniciais não foram mantidas. Em virtude do

crescimento urbano, surgiram as cidades satélites, que foram se expandindo sem levar em consideração o plano piloto. Tiveram início na época da construção de Brasília, através dos trabalhadores que vieram para a construção da mesma, e a acabaram habitando o local.

A responsabilidade pelos principais projetos arquitetônicos ficou por conta de Oscar Niemeyer, um grande mestre da arquitetura moderna que soube valorizar o planejamento urbano elaborado por Lúcio Costa, com suas obras monumentais que deram grandiosidade ao projeto, diferente do que era visto na época.

Enfatiza-se que Brasília a capital do Brasil, com seus 57 anos de existência continua sendo um marco da arquitetura moderna e serve como inspiração mundial pelo seu planejamento, tanto arquitetônico como urbanístico.

6. REFERÊNCIAS

Santos, M. *A Cidade nos Países Subdesenvolvidos*. Rio de Janeiro, Ed. Civilização Brasileira.
Sabbag. J. A. A. *Brasília, 50 anos: Do Urbanismo Moderno ao Planejamento Estratégico*. Brasília, 2012.
Paviani, A. *Brasília, ideologia e Realidade/Espaço Urbano em Questão*. São Paulo, 1985
Relatório do Plano Piloto de Brasília. Elaborado pelo ArPDF, CODEPLAN, DePHA. – Brasília: GDF, 1991.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material publicado neste artigo.

.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

A APLICAÇÃO DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA PARA A OBTENÇÃO DE CONFORTO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE DO EDIFÍCIO GUSTAVO CAPANEMA / RJ

Darllan Fabiani da Silva Santos
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Campus II – Erechim, Brasil
darllanfabiani@uricer.edu.br

Resumo: *Devido à necessidade de abrigo e proteção, o homem passa grande parte de sua vida em sua casa, locais de trabalho e em outras edificações. O conforto ambiental prioriza a geração de bem-estar, por meio de conforto térmico, lumínico e acústico e de maior eficiência energética destes ambientes construídos. Atualmente, presenciamos um desenvolvimento acelerado da alta tecnologia e o descaso com o meio ambiente em que a edificação está inserida, através do uso descontrolado de iluminação e ventilação artificiais, além do consumo energético de fontes tradicionais, não renováveis, como: petróleo, gás natural, hídrica e carvão mineral. A Indústria da construção civil tem gerado os mais diversos impactos ambientais ao longo de sua cadeia produtiva, contudo é primordial um novo olhar, que priorize a preservação do meio ambiente, através do uso de recursos naturais renováveis e reciclagem de materiais, como por exemplo, o uso de resíduos da construção civil (RCC), de energia fotovoltaica, eólica, placas solares para aquecimento de água, ventilação cruzada, telhado verde, cobogós, entre outros. O Brasil é um país que apresenta abundância em seus recursos naturais, com grande incidência de radiação solar direta e ventos ao longo do ano e que permitem os seus usos como fontes alternativas renováveis de energia. Este artigo tem como propósito fomentar a importância da arquitetura bioclimática, como instrumento gerador de conforto ao ambiente construído. Trata-se de uma revisão bibliográfica, cuja metodologia aplicada foi a desk-research, com base em anais de congressos, do banco digital de teses, bem como livros e análise do Edifício Gustavo Capanema que corroboram a relevância da arquitetura bioclimática e sua aplicação ao ambiente construído.*

Palavras-chave*: Arquitetura bioclimática; conforto ambiental; brise-soleil; ventilação cruzada.*

1. INTRODUÇÃO

O uso das condições climáticas como método para a obtenção de conforto ambiental surge no período da pré-história, momento em que homem adota a caverna como sua moradia para se proteger das intempéries e dos animais ferozes, conhecida como arquitetura vernacular. Atravessa a antiguidade, período em que os romanos constroem suas cidades, utilizando técnicas para o aproveitamento de luz solar, obtendo o aumento do conforto ambiental. Portanto, fica evidente a necessidade do homem se adaptar à natureza em que habita, ao longo da história.

Cunha (2006) evidencia que um projeto para ser adequado e atender às necessidades de conforto ambiental e iluminação natural não precisa de invenções tecnológicas de ponta para responder às necessidades do homem.

A arquitetura bioclimática também é conhecida por proporcionar alta eficiência energética ao economizar e conservar a energia que capta, produz ou transforma, reduzindo o consumo energético e por sua vez a poluição ambiental. Deve ser projetada conforme o clima local, orientação solar, o vento dominante, a vegetação e a topografia.

Com o advento da revolução industrial, as técnicas construtivas começaram a se distanciar das responsabilidades para com o meio ambiente.

No Brasil, a arquitetura bioclimática surgiu na década de 60 com o propósito de adequar o projeto arquitetônico ao meio ambiente natural, disponibilizando ao ambiente construído, soluções passivas de conforto térmico, lumínico e acústico e por consequência, maior eficiência energética.

Atualmente, mesmo com toda tecnologia disponível, ainda presenciamos, em diversas situações, o menosprezo para com o meio ambiente. A má qualidade do ambiente construído é considerada um dos fatores que influenciam a violência urbana. O uso de materiais não indicados para a região em que a edificação está inserida está gerando projetos com baixíssima qualidade.

Este artigo tem como objetivo divulgar a importância do conforto termo-lumínico ao ambiente construído, por meio de revisão bibliográfica e apresentar as soluções aplicadas no Edifício Gustavo Capanema.

2. ARQUITETURA MODERNA

Os projetos modernistas eram identificados pelo seu racionalismo e funcionalismo, formas precisas e falta de ornamentação, pois considerava o ambiente externo, a paisagem, como o próprio.

Mundialmente, o Movimento Moderno foi "liderado"por arquitetos como Mies Van Der Rohe, Frank Loyd Right, Oscar Niemeyer e o Suiço Charles-Edouard Jaenneret-Gris, mais conhecido como Le Corbusier.

O período fantástico da arquitetura nacional surge no mesmo da Semana de Arte Moderna de 1922 e da Revolução de 1930, sendo possível criar uma linguagem própria da arquitetura moderna brasileira, permitindo o seu reconhecimento mundialmente.

Como belos exemplares de arquitetura moderna brasileira, o MAM – Museu de Arte Moderna e o Edifício Pedregulho, obras-primas do arquiteto Affonso Reidy.

Figuras 01 e 02: Museu de Arte Moderna e Edifício Pedregulho

Fonte: CATRACA LIVRE e ARCHDAILY, 2017

Além do Affonso Reidy, também foram de importância notória para o movimento moderno brasileiro: Lúcio Costa, Oscar Niemeyer, Atílio Correa Lima, Paulo Mendes da Rocha, entre outros.

3. PRINCÍPIOS DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E DA ARQUITETURA MODERNA

A arquitetura bioclimática proporciona o desenvolvimento de técnicas e equipamentos para a obtenção de melhorias na eficiência energética das edificações.

São quatro os seus princípios básicos:

- Radiação Solar: É uma fonte inesgotável, oferecida pela natureza, que pode ser convertida em energia elétrica e energia para aquecimento. Como exemplos práticos, temos os painéis solares fotovoltaicos, que são compostos por células fotovoltaicas e que convertem os raios solares (fótons) em energia elétrica. E os coletores solares, que captam e convertem os raios solares em calor e este é transferido para a água, que circula no interior de suas tubulações.
- Iluminação natural: É utilizada para a iluminação dos ambientes internos pelo maior tempo possível, evitando assim o uso de fontes luminosas artificiais o que determina maior eficiência energética da edificação.
- Ventilação: De necessidade básica, pois influencia no conforto térmico, atuando como regulador de umidade e por sua vez, na temperatura do ambiente construído.
- Geometria solar: Estudo realizado por meio da trajetória solar, que propõem o melhor posicionamento da edificação em relação ao sol, nas quatro estações. Por meio deste estudo, é possível indicar a melhor posição de uma edificação para que a mesma consiga reduzir as cargas térmicas geradas pela incidência direta dos raios solares em suas fachadas ou aumentar, conforme as necessidades do ambiente e da região em que se encontra.

Tabela 01: Soluções de projeto de arquitetura em função do clima.

Clima X Edifício		
Clima	**Edifício**	
Tipos	**Necessidades**	**Possíveis soluções**
Frio	Conservação do calor	Edificações com pouca área e Pequenas aberturas para a ventilação

Quente e seco	Isolamento térmico e umidificação.	- Edificações compactas; - Poucos vãos; - Paredes espessas (inércia térmica) e - Pátio interno (uso de água para a evaporação e umidificação do ambiente).
Quente e úmido	Ventilação e proteção contra radiação solar.	- Telhados altos e extensos (criação de áreas sombreadas); - Construções retangulares no eixo leste-oeste e - Janelas paralelas para permitir a ventilação cruzada.
Temperados	Complexas, visto que as temperaturas oscilam bastante.	- Sistemas flexíveis (que se adaptem ao calor e ao frio); - Formas alongadas e orientadas para o eixo leste-oeste.

Fonte: Olgyay,1998 apud Mascarello, 2005

Evidenciando a arquitetura bioclimática, surgem os princípios da arquitetura moderna, também conhecidos como os cinco princípios do manifesto do estilo moderno da arquitetura, escolhidos por Le Corbusier, arquiteto franco-suíço. E são: fachada livre, planta livre, pilotis, terraço-jardim e fachada em fita.
Para comprovar a aplicação dos princípios le corbusianos e suas influências na obtenção de conforto ambiental , em uma edificação, foi utilizado como objeto de análise, o Edifício Gustavo Capanema. Também conhecido como o primeiro arranha-céu modernista do mundo.

4. ANÁLISE DO EDIFÍCIO GUSTAVO CAPANEMA

O Edifício Gustavo Capanema está localizado no centro do Rio de Janeiro. Considerado o grande ícone da arquitetura moderna brasileira, foi construído entre maio de 1937 a outubro de 1945, para ser a sede do Ministério da Educação e Saúde, no governo de Getúlio Vargas. Desde 1948, o edifício é tombado pelo IPHAN e está em processo de análise para ser declarado como patrimônio da humanidade, pela UNESCO.

Com a consultoria do arquiteto franco-suíço Le Corbusier, o projeto foi desenvolvido por uma equipe integrada pelos arquitetos Lúcio Costa, Afonso Eduardo Reidy, Oscar Niemeyer, Jorge Machado Moreira, Ernani Vasconselos e Carlos Leitão.

Reconhecido internacionalmente, como a primeira grande obra a utilizar os cinco princípios básicos da arquitetura moderna, que foram definidos por Le Corbusier e são: planta livre, fachada livre, pilotis, terraço-jardim e janelas em fita.

5. PLANTA LIVRE E FACHADA LIVRE

- Planta livre: Significa a separação entre a estrutura e as paredes divisórias. Os pilares passam a se destacar na edificação e possibilitam a implantação de novos layouts no ambiente interno.
- Fachada livre: Por consequência da planta livre, as fachadas podem ser trabalhadas de inúmeras formas, pois não há necessidade de sua compatibilização com a estrutura.

Figuras 03 e 04: Planta livre e fachada livre.

Fonte: Archdaily, 2017

6. PILOTIS E TERRAÇO-JARDIM

- Pilotis: Buscam proporcionar uma permeabilidade visual e física nas áreas de mesmo nível do terreno, possibilitando um espaço térreo aberto e coberto, sendo disponível ao público. Permitem a ventilação em todo o térreo e criam uma grande área de sombra, que proporciona uma significativa redução de temperatura, tornando o ambiente agradável.
- Terraço jardim: Busca utilizar uma área que antes era considerada perdida, dando um novo uso. Le Corbusier propõe que as coberturas deveriam ser terraços com jardins, áreas de lazer, de permanência e de convívio social. Ao mesmo tempo a vegetação tem a função de filtrar parte da radiação solar que incide diretamente na laje e que, por sua vez reduz o aquecimento da laje e gera conforto térmico no ambiente interno. O projeto de paisagismo foi de Burle Marx.

Figuras 05 e 06: Pilotis e terraço-jardim.

Fonte: Archdaily, 2017

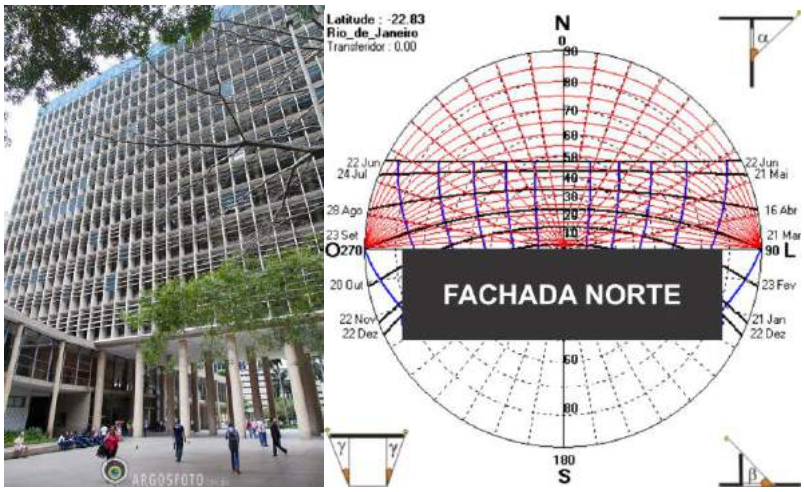
7. JANELAS EM FITA

- Janela em fita: A janelas devem ser livres e independentes da estrutura, buscando o enquadramento das vistas do entorno, emoldurando as belas paisagens.

Fachada norte: Por se tratar de uma edificação construída sobre a latitude: 23º S, aproximadamente, é a que recebe maior incidência de radiação solar direta ao longo do ano, motivo pelo qual foi instalado o brise-soleil misto. Neste caso, o brise filtra parte desta radiação, gerando conforto térmico e lumínico, e ainda permitindo que o ambiente interno usufrua da ventilação cruzada e que ainda consiga visualizar o ambiente externo.

Abaixo, uma análise da incidência de radiação solar nas fachadas norte e sul:

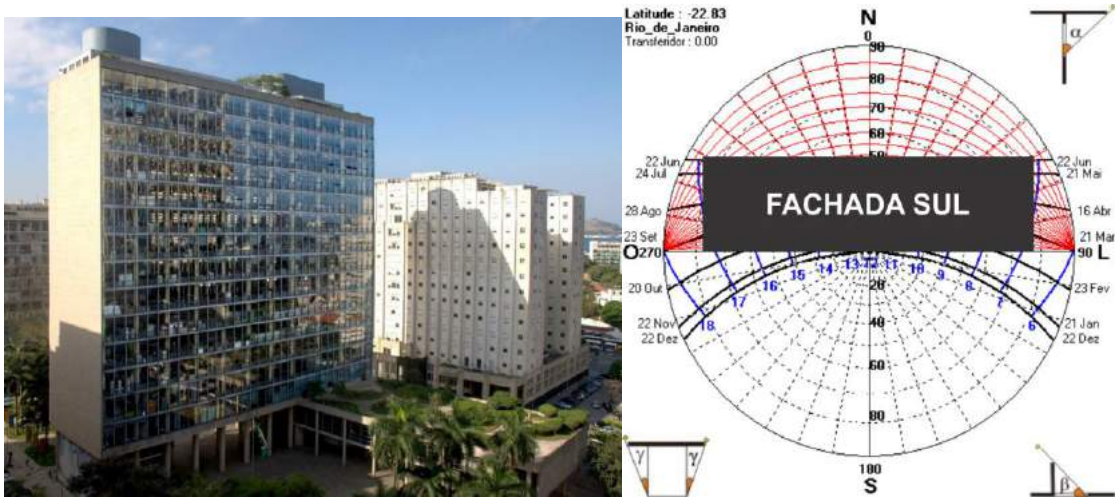
Figuras 07 e 08: Fachada norte e carta solar (Rio de Janeiro).



Fonte: Archdaily e Autor, respectivamente, 2017.

Fachada sul: Durante o inverno não sofre incidência de radiação solar direta, porém no verão recebe, mas não de forma tão direta, pois no horário em que o sol está em sua posição mais elevada, ao meio-dia, a fachada não sofre incidência de radiação, por conseguinte está protegida, o que foi determinante para a não instalação de brise-soleil nesta fachada.
Vale ressaltar que na região sudeste do Brasil, a distribuição da insolação está condicionada aos fatores relevo, nebulosidade e precipitação, pois é uma área de transição entre climas tropicais e temperados.
França e Maia (2003) afirmam que a região Sudeste, devido à latitude, é uma área de transição entre os climas tropicais quentes e os temperados de latitude média.

Figuras 09 e 10: Fachada sul e carta solar (Rio de Janeiro).



Fonte: Archdaily e Autor, respectivamente, 2017.

8. CONCLUSÃO

Conclui-se que o Edifício Gustavo Capanema possui um notável projeto arquitetônico e que pode ser utilizado como referência de implantação de soluções técnicas voltadas ao conforto ambiental, norteando as construções futuras na implantação de fontes de energia passivas e reduzindo o uso de aparelhos de ar condicionado e iluminação artificial., por meio do brise-soleil e ventilação cruzada.

9. REFERÊNCIAS

Brandão, M. G. S., 2012. "A Incorporação de Condições Climáticas em Projetos de Arquitetura: O Edifício Solar Hemiciclo." Dissertação (mestrado em Engenharia Urbana).Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Cunha, E.G., "Elementos de Arquitetura de Climatização Natural. Porto Alegre – RS." Masquatro Editora, 2006.

França, G. B. & Maia, L. F. P. G. 2003. "Caracterização das descargas atmosféricas na área de concessão da Light no Estado do Rio de Janeiro." Anais do II CITENEL.

LABEE, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/projetos/manual-selo-casa-azul-caixa . Acesso de agosto de 2017.

Lamberts, R. [et. Al.]. Casa eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico. V. 1 UFSC/LabEEE: Florianópolis, 2010. il.col

Mascarello, V. L. D., 2005. "Princípios Bioclimáticos e Princípios de Arquitetura Moderna: Evidências no Edifício Hospitalar." Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura. Universidade Ferderal do Rio Grande do Sul.

Olgyay, V., 20,10. " Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas. 1ª edição. Editorial Gustavo Gili, SL (GG). Barcelona.

10. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

LEI CIDADE LIMPA: UMA FERRAMENTA DE VALORIZAÇÃO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E DE PRESERVAÇÃO DA MEMÓRIA CULTURAL DA CIDADE DE ERECHIM / RS

Darllan Fabiani da Silva Santos
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Campus II – Erechim, Brasil
darllanfabiani@uricer.edu.br

Resumo: *É de importância incontestável a aplicação da Lei cidade limpa, para o resgate da memória cultural e histórica de uma cidade. Considerada como uma tendência mundial, tanto em pequenas quanto em grandes cidades, a lei cidade limpa representa um grandioso avanço na busca da qualidade de vida do espaço urbano. A cidade de Erechim, localizada ao norte do estado do Rio Grande do Sul, possui maior acervo arquitetônico Art deco, porém parte se encontra, atualmente, coberto por painéis, letreiros superdimensionados e revestidos por cores não condizentes ao seu estilo, suprimindo a beleza e a história da cidade. Este artigo tem como propósito fomentar a importância da aplicação da lei Cidade Limpa, na cidade de Erechim / RS, como instrumento de transformação da paisagem urbana, valorizando o patrimônio histórico, permitindo a manutenção da memória cultural da população, através da regulamentação da propaganda nas fachadas. Trata-se de uma revisão bibliográfica, cuja metodologia aplicada foi a desk-research, com base em anais de congressos, trabalhos do banco digital de teses, bem como livros, que corroboram a sua relevância no combate à poluição visual e à degradação do ambiente construído.*

Keywords: *Memória cultural, Patrimônio histórico, Lei Cidade Limpa, Poluição visual.*

1. INTRODUÇÃO

Estamos presenciando, atualmente, um mundo que está passando por intensas transformações. Com a globalização, várias barreiras foram quebradas e passamos a vivenciar uma aceleração nas formas de nos comunicar, nos locomover, entre outros. No mesmo ritmo da globalização, as transformações urbanas passam a ser influenciadas por este processo de aceleração, sendo notadas de forma mais intensa nas últimas décadas.

A transformação acelerada nas estruturas da cidade vem interferindo na forma de se viver e possibilitando importantes discussões sobre a modernização urbana e suas possibilidades de transformação e remodelagem, mas sem prejudicar o patrimônio histórico.

Há defensores que estimulam a descaracterização da cidade, pois os prédios antigos apenas geram despesas e impedem o progresso da cidade.

Rezende (1997), afirma que a ideia de progresso enfeitiça o homem e faz com que ocorra uma supervalorização do novo.

Há, também, os defensores da modernização conciliada com a preservação das edificações e dos monumentos históricos. Não há uma solução para impedir o processo de transformação, mas, em paralelo, podemos preservar a memória e o passado de um povo.

Os prédios antigos humanizam as cidades. Lembram-nos de que tudo o que temos hoje se deve a pessoas que no passado viviam uma realidade diferente. Oferecem-nos uma impressão de que não mudam através dos tempos, resistindo ao presente e, por isso, aconchegam os habitantes ligando-os com os do passado. O historiador Leandro Silva Telles tem uma conhecida frase: “Uma cidade sem seus velhos edifícios é como um homem sem memória”.

Foi no governo de Getúlio Vargas, que surgiu a primeira iniciativa do governo com o propósito de preservar o patrimônio brasileiro, através do Decreto-Lei nº: 25 de 30 de novembro de 1937, que constitui o patrimônio histórico e artístico nacional, o conjunto de bens móveis e imóveis existentes no país e cuja conservação seja de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, que por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico.

Em muitas cidades, podemos observar uma difusão de diversas culturas e uma crescente luta de representações entre o progresso e a tradição. Não sendo diferente, a cidade de Erechim, por meio da lei cidade limpa, busca não só preservar as edificações de grande valor histórico, mas disponibilizar os valores culturais para as futuras gerações.

Por meio deste artigo, busca-se fomentar a aplicação da lei 6093/2015, na cidade de Erechim / RS.

2. A CIDADE DE ERECHIM

A cidade foi colonizada por imigrantes de origem polonesa, italiana e alemã, sendo que seu povoado se formou em 1908 aos arredores da estrada de ferro., mas sempre com intenção de apresentar uma futura formação urbana.

O município de Erechim foi criado em 1918, através do Decreto nº: 2343, assinado por Borges de Medeiros, então governador do estado do Rio Grande do Sul, devido ao crescimento do povoado e de sua economia. Passou por inúmeras transformações até a sua consolidação como cidade polo da Microrregião do Alto Uruguai.

Ao longo destes anos de transformações, sua história foi entalhada em suas edificações, criando um inestimável patrimônio histórico e cultural. A cidade possui um grande acervo de arquitetura Art deco, mas que infelizmente, não recebe o seu devido valor, pois este é suprimido por placas, painéis e letreiros e que escondem a beleza e a história da cidade. Estas edificações históricas, atualmente, são utilizadas como residências e comércios, mantendo um complexo produtivo da cidade. Há o predomínio do comércio nestas edificações, sendo possível encontrar farmácias, lojas de roupas, joalherias, bares, lojas de operadoras de celular, lojas de eletrodomésticos, entre outras. Torna-se nítida a competição entre as lojas, não só em relação aos preços, mas também, em relação à fachada mais chamativa.

Símbolo de luta na preservação do patrimônio histórico de Erechim, o Castelinho "Fig.01", é uma edificação em madeira e mais antiga da cidade, sendo construída entre 1912 e 1915. Foi inaugurado em 20 de abril de 1916. Atualmente, está tombado como patrimônio público pelo governo do Estado do Rio Grande do Sul. Considerado como símbolo vivo da colonização e que traduz o esforço, o trabalho, a tenacidade e progresso dos colonizadores.

Figura 01: Castelinho. Fonte: Autor, 2017

Com o objetivo de reduzir a poluição visual da cidade e permitir que elementos da paisagem urbana possam ser apreciados, cria-se a Lei 6093/2015, na cidade de Erechim.

Vale ressaltar que a conquista da aprovação da lei cidade limpa só foi possível, através de uma luta árdua assumida pelo COMPHAC- Conselho Municipal do Patrimônio Histórico, Artístico e Cultural, criado pela Lei nº 4.176, de 08 de agosto de 2007 e seus membros conselheiros.

3. LEI 6093/2015 CIDADE LIMPA DE ERECHIM

A redução da poluição visual é uma tendência mundial e muitas cidades de pequeno porte e grandes centros já implantaram a lei cidade limpa.

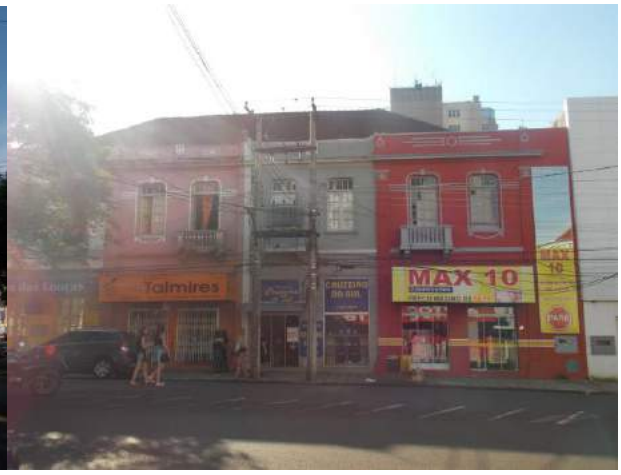
Cidades como Chicago, Barcelona e Nova York, desenvolveram projetos de melhoria no embelezamento e atualmente são destinos turísticos e são áreas valorizadas pela população residente, pois se tornaram mais agradáveis.

Um exemplo aplicado com sucesso, no Brasil, é o da cidade de São Paulo, através da Lei 14223, que busca resgatar os direitos fundamentais da cidadania, ao valorizar o espaço urbano e o cidadão. Esta lei serviu de orientação para a criação da lei 6093 /2015 implantada na cidade de Erechim.

A lei 6093/2015 dispõe sobre a ordenação das dimensões dos letreiros, controle do material publicitário no espaço urbano e padronização de cores para a pintura de edificações com no mínimo de 50 (cinquenta) anos de construção e com valor histórico a ser avaliado pelo COMPHAC.

Porém, em breve caminhada pelo centro da cidade, podemos perceber que algumas fachadas já estão padronizadas, conforme as informações que constam na cartilha cidade limpa, mas encontramos fachadas com painéis enormes, pinturas inadequadas, que escondem e reduzem o grande valor do patrimônio histórico erechinense.

Figuras 02 e 03: Fachadas padronizadas, conforme a cartilha cidade limpa. Fonte: Autor, 2017



Figuras 04 e 05: Fachadas descaracterizadas. Fonte: Autor, 2017.

3.1 CARTILHA LEI CIDADE LIMPA

Através da parceria entre a prefeitura municipal de Erechim, a CDL - Câmara de Dirigentes Lojistas e o IAB Erechim – Núcleo Albano Volkmer, foi possível materializar a cartilha, que é fruto do processo de requalificação do centro comercial e histórico de Erechim. A cartilha fornece parâmetros para que a cidade seja mais estruturada, humanizada e acolhedora, enfatizando as necessidades relacionadas ao bem comum e não aos interesses corporativos. É uma ferramenta primordial para garantir a integridade do patrimônio construído e proporcionar o bem estar dos seus usuários.

Para não prejudicar a qualidade de vida da população, a arquitetura e os elementos que compõem a comunicação visual devem estar em equilíbrio.

O excesso de elementos, voltados à comunicação visual, causa irritação, confusão visual, incentiva o consumo exagerado e pode gerar problemas como a obesidade, tabagismo, alcoolismo, o aumento da geração de resíduos. Também, esconde relíquias do patrimônio.

Além de danos estéticos, a poluição visual pode ser muito perigosa aos motoristas. Um prédio com a fachada de vidro pode refletir a luz solar e gerar poluição visual ao obstruir a visão dos mesmos. Anúncios publicitários podem distrair os motoristas e causar acidentes.

Figura 06: Poluição visual. Cidade de Osaka / Japão. Foto: Perati Komson / Shutterstock, 2014.

A cartilha, embasada na lei 6093/2015, regulariza e padroniza as fachadas, através de normas claras, a localização e as dimensões das placas com anúncios publicitários e as cores das edificações, pois todas, sendo estas com ou sem valor histórico, devem manter a sua unidade cromática de fachada.

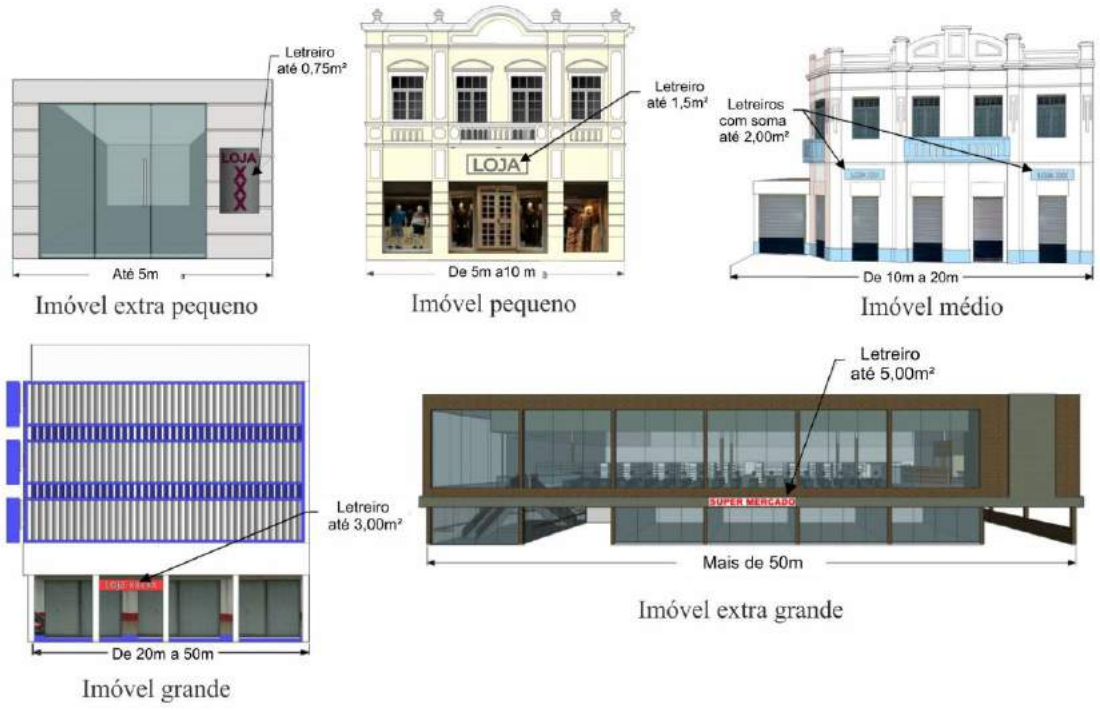


Figura 07: Padronização das placas, com as dimensões da fachada. Fonte: Cartilha Cidade Limpa.

Figura 08: Cores na fachada. Fonte: Cartilha Cidade Limpa.

4. CONCLUSÃO

Por meio de inúmeras visitas ao centro da cidade de Erechim, foi possível identificar que algumas construções já estão padronizadas, conforme a lei cidade limpa, porém a grande maioria das edificações, com valor histórico e cultural, não respeita ou desconhece a existência da Lei, que está aprovada, desde 2015.

Conclui-se que existem ferramentas que fomentam a valorização do patrimônio histórico e cultural de Erechim, mas que, infelizmente, temos na cidade, muitos defensores do progresso, do novo e que menosprezam os belíssimos exemplares da arquitetura, seus valores históricos e culturais.

Torna-se emergencial, uma postura mais enérgica dos órgãos públicos, principalmente da prefeitura municipal de Erechim, para que esta ferramenta seja utilizada e respeitada, conforme sua importância na preservação do patrimônio histórico e cultural e que estes possam ser apreciados pelas gerações futuras.

5. REFERÊNCIAS

Brasil, Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937. Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decretolei/del0025.htm>. Acesso em: 07 setembro 2017.

Carvalho, M. G., 2013. "A importância do patrimônio histórico para a preservação da memória e da história de Picos PI, do final do século XIX e início do século XX." Programa de pós-graduação em história do Brasil. Universidade Federal do Piauí.

Erechim, Lei nº 6093, de 22 de dezembro de 2015. Lei Cidade Limpa. Disponível em: <http://www.pmerechim.rs.gov.br/uploads/legislations/4590/e28f268cbd296dc4c995dc5dc143fea4.pdf>. Acesso em: 07 setembro.2017.

Fünfgelt, K. "História da paisagem e evolução urbana da cidade de Erechim – RS**"**. Dissertação apresentada a UFSC para obtenção do Titulo de Mestre em Geografia. Florianópolis, 2004.

Karnal, O. C. "Subsídios para o Histórico do Município de Erechim." Porto Alegre: Livraria Globo, 1926.

Rezende, A. P. Desencantos Modernos: histórias da cidade do recife na década de vinte. Recife: FUNDARPE, 1997.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ASPECTOS ARQUITETÔNICOS E CONSTRUTIVOS NA OBRA DE AUGUSTE PERRET

Elisa Balen
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
elisa.balen@gmail.com

Letícia Santolin
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
letisantolin@hot-mail.com

Tainara Conte
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner, Erechim, CEP 99700-000, Erechim, RS
taai_conte@hot-mail.com.br

Vanessa Tibola da Rocha
Universidade de Passo Fundo (UPF) – Campus I, Faculdade de Engenharia e Arquitetura (FEAR), Programa de Pós-Graduação em Engenharia (PPGEng), BR 285, Bairro São José, Passo Fundo, CEP: 99052-900, RS
104461@upf.br

Resumo
O belga Auguste Perret (1874-1954) foi quem, com sucesso, conseguiu transpor algumas das experiências mais interessantes ao domínio da arquitetura, afastando-se das questões que dominavam o debate arquitetônico sobre o concreto armado no início do século XX, na Europa. Perret entendia que o concreto era o material que poderia possibilitar o prosseguimento da tradição acadêmica francesa, desfigurada pelo ecletismo do século XIX, com o racionalismo estrutural gótico de Eugène Viollet-le-Duc. Para Auguste a estrutura era um esqueleto composto por elementos independentes e articulados entre si, como acontece na ordem clássica. Assim, o objetivo do artigo é destacar aspectos arquitetônicos e construtivos introduzidos por Perret para transformar o panorama da construção, com ênfase nas edificações: Cadetral de Notre Dame Du Raincy e do Edificio Rue Franklin. Por fim, constatou-se a importância de seus estudos e a aplicação do material construtivo utilizado – o concreto armado – para o aperfeiçoamento de sua técnica e aplicabilidade posterior no movimento moderno e que permanece em uso na arquitetura contemporânea.

Palavras-chave: *movimento moderno, concreto armado, arquitetura, Catedral de Notre Dame Du Raincy, Edifício Rue Franklin.*

1. INTRODUÇÃO

O movimento moderno é marcado por invenções que contribuíram para a transformação do espaço urbano e para o desenvolvimento das infraestruturas. Destacam-se como invenções o dínamo, a difusão do aço e a descoberta da eletricidade, as quais, no início do século XX favorecem o aumento do crescimento populacional e da qualidade de vida no ambiente urbano (Frampton, 2008). Nesse contexto do movimento moderno, um dos precursores foi Auguste Perret, arquiteto francês nascido em 1874 na Bélgica, explorou as possibilidades do concreto armado, criando uma arquitetura que combinava teorias modernas com elementos góticos e, evidenciava detalhes e texturas (Rossi, 1971).

Auguste Perret transpôs experiências relevantes para o domínio da arquitetura, aprimorando as questões que sobre o concreto armador no inicio do século XX na Europa. E, em uma década o concreto armado havia sido considerado material apto para a construção rápida e econômica de edifícios (Venturi, 1995).

Diante disso, o objetivo do artigo é destacar os aspectos arquitetônicos e construtivos introduzidos por Perret para transformar o panorama da construção, com especial ênfase nas edificações: Cadetral de *Notre Dame Du Raincy* e do Edifício *Rue Franklin*, além de evidenciar sua contribuição para o movimento moderno.

2. MÉTODO

A metodologia do trabalho é de caráter descritivo, desenvolvida por meio da revisão bibliográfica, mediante leitura sistemática, com fichamento de cada obra, ressaltando os pontos de interesse do objeto de estudo - Auguste Perret e o movimento moderno. Este trabalho classifica-se, do ponto de vista de sua natureza como pesquisa básica, que tem por objetivo gerar conhecimentos novos sobre as obras arquitetônicas de Auguste Perret e o uso do concreto armador ao longo da história da arquitetura.

3. RESULTADO E DISCUÇÕES

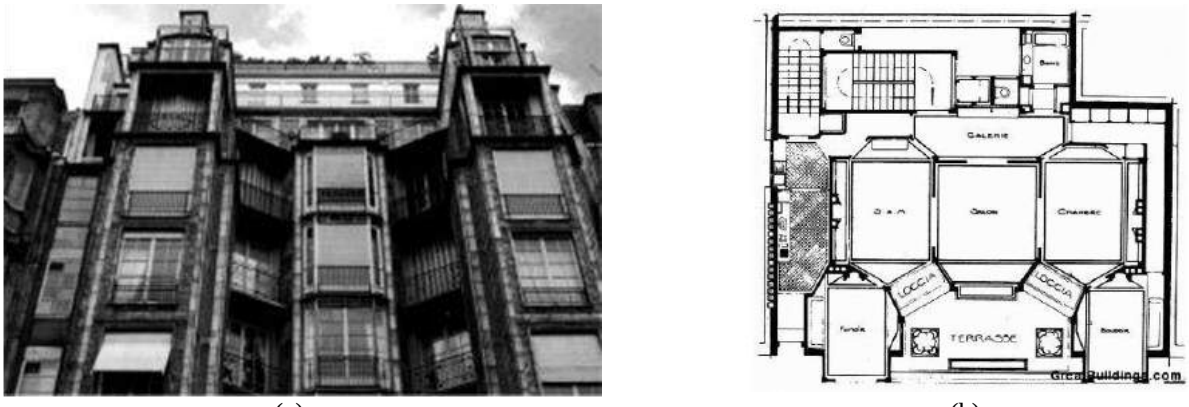
3.1 Principais obras arquitetônicas de Auguste Perret

Auguste Perret projetou inúmeras obras arquitetônicas, a Tab. 1 descreve a relação de projetos desenvolvidos pelo arquiteto de forma direta e/ou indireta (parcerias).

Nome da obra arquitetônica	Local	Ano da construção	Responsável pelo projeto
Edifício Rue Franklin	Paris/ França	1905	Empresa Irmãos Perret
Teatro do Champs-Elysées	Paris / França	1913	Empresa Irmãos Perret
Catedral de Notre Dame Du Raincy	Raincy /França	1923	Empresa Irmãos Perret
Palais d'léna	Paris / França	1937	Empresa Irmãos Perret
Torre Perret (Amiens)	Amiers / França	1942	Empresa Irmãos Perret
Igreja de São José	Le Havre / França	1951	Empresa Irmãos Perret

Tabela 1. Descrição das principais obras de Auguste Perret. Fonte: www.insitu.revues.org/4718. www.macellylinwe.blogspot.com.br/2014/01/auguste-perret-e-sua-arquitetura-pre.html. www.fr.wikipedia.org/wiki/Palais_d%27I%C3%A9na. www.fr.wikipedia.org/wiki/Tour_Perret_(Amiens). www.ebad.info/perret-august.

Conforme descrição da Tab. 1, Auguste Perret desenvolveu suas principais obras na França. Ainda, o Edifício Rue Franklin em Paris, o qual foi projeto em 1903 e concluído em 1905, destaca-se como uma das principais obras de Perret por duas decisões de projeto: a primeira, o uso da estrutura em concreto armado e a segunda, a solução em planta da edificação – elaborada de forma organiza (Destacando Planta Baixa do Edifício Rue Franklin. "Fig. 1 b) e que antecipa o posterior conceito desenvolvimento da planta livre, por Lê Corbusier (Martins, 2015). A Fig. 1 a ilustra a fachada principal do Edifício Rue Franklin, o mesmo tem dez pavimentos e suas características construtivas conferem a Perret o título de pioneiro no uso do concreto armado como elemento de expressão arquitetônica (Martins, 2015; De Vasconcellos, 2016).



(a) (b)

Figura 1. (a) Fachada e (b) planta baixa do Edifício Rue Franklin. Fonte: www.enanparq2016.files.wordpress.com/2016/09/s26-07-vanconcellos-j.pdf.

Após vinte anos foi construída, 1922 a 1923, a Igreja Nossa Senhora da Consolação, também conhecida como Catedral de Notre Dame Du Raincy, localizada na França. A obra é caracterizada como igreja moderna e serve como marco para a história da arquitetura moderna, sendo a primeira igreja na França construída em concreto armado, conforme Fig.2.

(a) (b)

Figura 2. (a) Fachada e (b) planta baixa da como Catedral de Notre Dame Du Raincy. Fonte: www.bluffton.edu/homepages/facstaff/sullivanm/france/raincy/perret.html.

De acordo com Martins (2015), a relevância, em especial dessas duas obras arquitetônicas no contexto histórico da arquitetura é fundamental para o entendimento que Perret apresentava para colegas de profissão e indivíduos da sociedade civil sob o concreto armado. Nesse contexto, o arquiteto defendia a beleza do concreto armado, a eficiência em termos econômicos e de tempo. O uso desse material (concreto armado) em uma edificação de caráter religioso (templo/igreja) potencializou os objetivos de Perret, a visão da população para o novo na arquitetura ‘‘concreto armado’’.

3.2 O uso dos materiais

Percursor do movimento moderno, Auguste Perret foi o primeiro a utilizar o concreto armado como ferramenta de expressão na arquitetura e fonte de embelezamento que, mais tarde despertou o interesse de outros arquitetos importantes para a história da arquitetura, tais como: Le Corbusier (Arioli et al., 2015).

O concreto armado é o resultado de diversos esforços feitos por estudiosos, como: Frampton, que contribuiu em grande parte para o seu desenvolvimento, com o objetivo de fazer o material resistente ao fogo. Já Curtis, desenvolveu a técnica construtiva, tirando a estrutura de madeira e a substituindo por aço, o que permitia uma construção mais rígida e forte. Perret utilizou o concreto armado não só como fonte de sustentação, mas também, como embelezamento para a arquitetura (Morgado, 2011).

Em meados de 1936, Perret vem a convite do governo brasileiro para a Conferência no Rio de Janeiro sobre a Arte que é a Arquitetura. Durante o evento, o arquiteto afirma que a arquitetura é como uma arte de fazer cantar o ponto de apoio, criminalizando quem constrói estruturas sem função alguma. Também, defende sua ideia racionalista, onde critica o Renascimento como uma técnica banal decorativa. Auguste debate que o ornamento arquitetônico, criado e desenvolvido por grandes mentes do passado, deve ser renascido novamente, fazendo com que a fachada e sua estrutura permaneçam como na ideia original de seu Arquiteto (De Vasconcellos, 2016).

Nesse contexto, Perret declara que o uso do concreto armado é uma solução para os problemas com revestimento a gesso das estruturas que levam ferro. O arquiteto compara a estrutura de um prédio, como o esqueleto está para um animal, e deste mesmo modo que o esqueleto segura os órgãos do corpo, a estrutura tende a sustentar e equilibrar facilmente os serviços diversos da construção. E, conclui dizendo que, a arquitetura não tem finalidade de emocionar ou causar assombro, pois são coisas passageiras, a arquitetura tem a finalidade de se tornar inesquecível (De Vasconcellos, 2016).

3.2 O conceito e as formas construtivas

Para Perret o concreto armado possuía outra finalidade além da estrutural, servia como elemento de embelezamento e novas possibilidades e alcances construtivos (Frampoton, 2008). Em 1922, o pastor Canon Negro entra em contato com o arquiteto, atribuindo-lhe a missão de construir uma igreja, com pouco recurso, mas que ficasse harmoniosa e bela. Peret aceita o desafio (Le Bas e Antoine, 2009).

Assim, o arquiteto opta pelo uso principal do concreto armado, uma escolha ousada e inovador para época, na edificação de caráter religioso. A igreja adota um programa de necessidade de basílica onde a construção é composta, em sua fachada, por uma torre central tradicional, com cerca de 45 metro de altura, contando com dois sinos no seu interior. Aos fundos, onde está localizado o altar, foi feita uma parede curva, toda envidraçada criando, neste vidro, o desenho de uma cruz, detaca-se a fotografia interna da Catedral de Notre Dame Du Raincy. “Fig. 3”. O fechamento da edificação é feito por colunas em concreto armado e um conjunto de vidrais dispostos nas paredes de fechado da igreja. Os vitrais permitem que a luz entre no ambiente de uma forma diferenciada, as pinturas feitas nas janelas foram obra do pintor Maurice Denis, onde ele utilizou cores planas, sem revelo ou profundidade (Le Bas e Antoine, 2009).

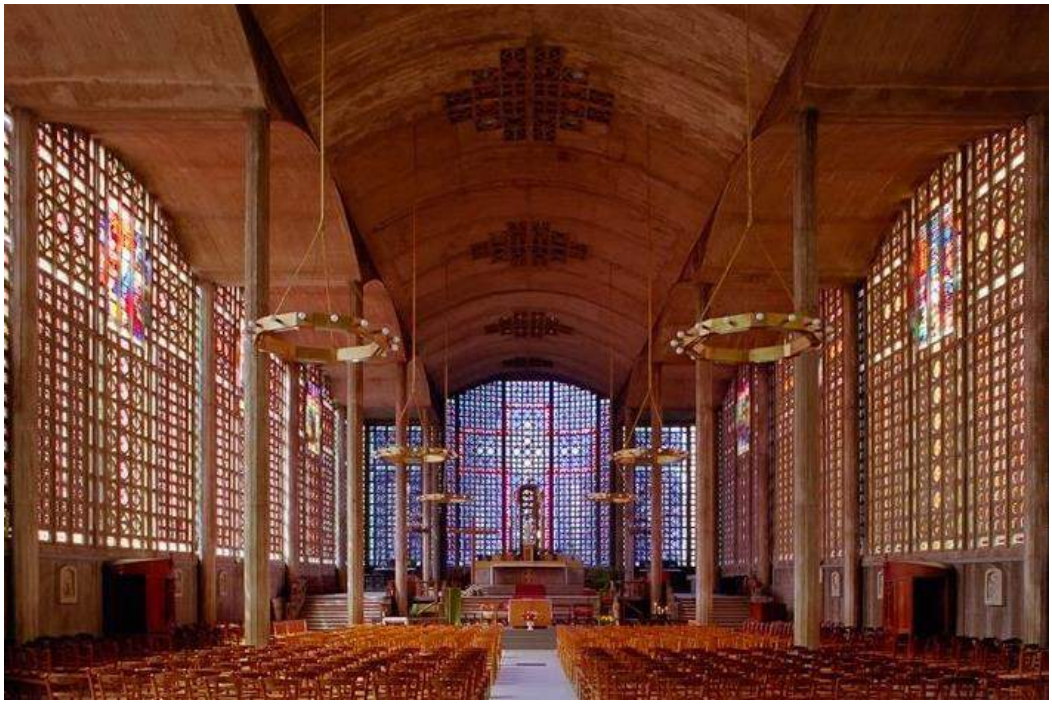


Figura 3. Fotografia interna da Catedral de Notre Dame Du Raincy. Fonte: www.atlasobscura.com/places/notre-dame-du-raincy.

A estrutura utilizada por Perret na Catedral de Notre Dame Du Raincy libera as paredes de sua função estrutural (suporte de cargas) e o fechamento da edificação com vidros compõem o conjunto arquitetônico de forma harmoniosa. Externamente a edificação ressalta o uso do concreto como base do projeto, internamente os vitrais coloridos conferem ao ambiente leveza (Le Bas e Antoine, 2009).

Conforme Antoine Le Bas (2009), a aparência formal da Catedral não conseguia esconder o caráter inovador, pois obra explorou as possibilidades técnicas do concreto armado com membranas finas perfuradas pelas janelas. Fator esse que, assegura leveza e luminosidade a edificação.

Para De Vasconcellos (2016) no edifício da Rue Franklin, o concreto armado possibilitou a execução de lajes mais esbeltas que na época eram empregadas nas obras semelhantes, assim como a ligação com os terraços planos, implantados com os mesmos princípios higienistas que marcam a divulgação do concreto, como uma alternativa à vida suburbana.

Segundo Martins (2015) o edifício de planta livre em concreto e com volumetria representada na forma de ‘U’’ o residencial Rue Franklin, apresenta fachadas ordenadas em cinco compartimentos horizontais que se repetem verticalmente ao longo dos seis pavimentos da obra. O objetivo Perret foi ressaltar as qualidades estéticas do concreto. E, essa inserção de novas técnicas construtivas pode ser evidenciada pela inserção de sementes e frutos empregues na fachada da edificação, destacando a vista frontal do edifício Ru Franklin e o detalhamento do revestimento externo. Fig. 4.

Figura 4. Vista frontal do edifício Rue Franklin e detalhamento do revestimento externo. Fonte: Liberdade Estática, Razao Estética: Permeabilidade entre Arquitetura e Engenharia na obra de Oscar Niemeyer. São Paulo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Auguste Perret foi um dos precursores do movimento moderno ao utilizar o concreto armado em seus projetos arquitetônicos. Ainda, com a passar dos anos Perret difundiu a importância desse material (concreto) para a construção e a arquitetura. Dentre as obras com maior ênfase e reconhecimento pela história da arquitetura e trajetória técnica do arquiteto ressaltam-se a Catedral Notre Dame Du Raincy e o Edifico Rue Franklin marcos arquitetônicos das técnicas construtivas em concreto armado e diretrizes principiantes para o movimento moderno.

5. REFERÊNCIAS

Arioli, Alessandra T. E Gruendling, Fernanda S. E Caldeira, Gabriela, E Lima, Ra-quel. 2015. 4º Seminário Ibero-americano: Arquitetura e Documentação. Arquitetura Moderna de Le Corbu-sier nas Habitações populares Brasileiras.

De Vasconcellos, Juliano Caldas. 2016. Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. O Racionalismo Estrutural De Auguste Perret A Arquitetura Moderna Brasileira. Porto Alegre, Brasil.

Frampton, Kenneth. 2008.História crítica da arquitetura moderna. São Paulo: Martins Fontes. 2º edição.

Le Bas, Antoine. 2009. Notre-Dame du Raincy (Seine-Saint-Denis), Chef-d'oeuvre des chapelles de la banli-eue?. 05 de junho de 2017 <https://insitu.revues.org/4718>

Martins, Alexandre Augusto, 2015. Liberdade Estática, Razão Estética: Permeabilidade entre Arquitetura e Engenharia na obra de Oscar Niemeyer. São Paulo.

Morgado, Luís. 2011. 1º Congresso Ibero-Latino Americano da Madeira na Construção. A Arquitetura Moderna e a Habitação em Madeira. Uma perspectiva histórica até à primeira metade do século XX. Coimbra, Portugal.

Rossi, Aldo. 1971. A arquitetura da cidade. Lisboa: Cosmo.

Venturi, Robert. 1995. Complexidade e contradição em arquitetura. São Paulo: Martins Fontes.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE SOBRE A ACESSIBILIDADE NA ÁREA CENTRAL DA CIDADE DE ERECHIM, RS

Gabriela Ochial Stankiewicz
URI | Campus de Erechim | RS 331, nº 345, Campus II | Bairro Demoliner | Erechim/RS | CEP 99700-000
gabistank@hotmail.com

Sara Roesler
URI | Campus de Erechim | RS 331, nº 345, Campus II | Bairro Demoliner | Erechim/RS | CEP 99700-000
sararoesler@uricer.com.br

Darllan Fabiani
URI | Campus de Erechim | RS 331, nº 345, Campus II | Bairro Demoliner | Erechim/RS | CEP 99700-000
darllanfabiani@uricer.com.br

Resumo. *Este artigo apresenta conceituações sobre acessibilidade como um direito humano e discussões sobre o tema da acessibilidade na cidade. Procura-se investigar os processos de inclusão presentes no meio público da cidade, identificando barreiras arquitetônicas, concebendo-as no foco do problema da exclusão e preconceito social. Entende-se que para esta investigação inicial sobre a acessibilidade na cidade é necessário abordar alguns tópicos, tais como: direitos humanos, preconceito e exclusão social, manutenção do patrimônio público e barreiras arquitetônicas. Com base nas discussões propostas verifica-se que a acessibilidade em seu aspecto mais amplo determina a autonomia das pessoas com necessidades especiais, determinando assim o exercício da cidadania plena.*

Palavras-chave: *acessibilidade na cidade, barreiras arquitetônicas, pessoas com necessidades especiais*

1. INTRODUÇÃO

Ao pensarmos na cidade como uma aglomeração humana em um local específico, identificamos que a abrangência da palavra humana corresponde a todos aqueles que habitam determinado território, e que possuem tanto características em comum, como características distintas que compõem a diversidade da sociedade em questão.

Em outras palavras, a cidade é feita de pessoas, sendo elas umas diferentes das outras. O que por um lado é uma vantagem, uma vez que a diversidade nos torna mais competitivos, inovadores e criativos, também pode ser um problema para pessoas que possuem alguma desvantagem física, ou deficiência, uma vez que muitas cidades não estão prontas para dar o conforto necessário seja no meio infraestrutura ou atitudinal.

A partir de uma nova visão sobre o espaço urbano, a Constituição Federal de 1988 afirma, no artigo 182, que a política de desenvolvimento urbano tem por objetivo o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade. Na sequência do mandamento constitucional também afirma que o objetivo do desenvolvimento urbano é garantir o bem-estar social de seus habitantes. Conforme assegura Lauro Luis Gomes Ribeiro (2005, p. 177), "o urbanismo tem quatro funções principais, a saber: a) habitação; b) trabalho; c) recreação; e d) circulação".

2. ACESSIBILIDADE NA CIDADE

O conceito de acessibilidade é descrito na Norma Brasileira 9050 - que determina a acessibilidade em edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos – como a utilização de maneira autônoma, independente e segura do ambiente, estabelecendo critérios e parâmetros técnicos a serem observados quanto ao projeto, construção, instalação e adaptação do meio urbano e rural, e de edificações às condições de acessibilidade independentemente de idade, estatura ou limitação de mobilidade ou percepção das pessoas.

Mesmo que haja várias leis sendo desenvolvidas ao longo dos últimos anos para defender os direitos de pessoas com deficiência, muitas dificuldades são encontradas para a implementação de tais projetos. Dentre estas, as barreiras arquitetônicas são as que mais impedem que estas pessoas tenham autonomia de ir e vir livremente sem ajuda de terceiros, sendo independentes e seguras utilizando as adaptações desenhadas especialmente para elas. As pessoas com deficiência são classificadas como pessoas com restrição de mobilidade, portadores de deficiência – dentre elas visual e

auditiva-, idosos, gestantes ou com criança de colo, pessoas com mobilidade reduzida temporária e pessoas obesas (Nonato, 2011).

Erechim destaca-se pelo seu planejamento urbano na parte central da cidade, com uma malha urbana que permite ruas e calçadas largas para acomodar o fluxo intenso de pessoas que passam por suas avenidas principais onde está o movimentado comércio do município. Encontramos nas avenidas os mais variados tipos de pessoas, a diversidade é exemplar e para tanto devemos nos preocupar com a inclusão, de todos os que aqui habitam, no meio público da cidade.

Entretanto, sabemos que a acessibilidade é um tema que vem sendo abordado com maior ênfase mais recentemente. Historicamente as pessoas com algum tipo de deficiência – seja ela física ou mental – eram ignoradas pela sociedade, que as viam como defeituosas e merecedoras de algum "castigo divino", somando-se isso à estereotipação e posturas ignorantes temos a barreira atitudinal, muito mais difícil de se resolver do que as barreiras físicas, uma vez que o preconceito social rotula pessoas com deficiência como incapazes ao invés de considerá-los como com limitações. Por conta disso, um estudo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2013 realizou uma pesquisa revelando que os percentuais mais elevados de deficiência intelectual, física e auditiva foram encontrados em pessoas sem instrução e em pessoas com o Ensino fundamental incompleto. Apenas nas duas últimas décadas o assunto vem sendo trabalhado mais integralmente ao que se refere às barreiras arquitetônica, lembrando que a acessibilidade arquitetônica é um direito básico das pessoas com deficiência. Erechim por não apresentar um Conselho Municipal de Pessoas Com Deficiência, apenas instituições sem fins lucrativos geridas por cidadãos sem qualquer vínculo com o governo municipal, tem uma certa dificuldade ao falar-se em políticas públicas destinadas a atender especificamente esse grupo de pessoas. Este é mais um exemplo das dificuldades e desconsideração pelas quais as pessoas com deficiência passam, segundo Norberto Bobbio (1992, p. 25), "o problema grave de nosso tempo, com relação aos direitos do homem, não é mais o de fundamentá-los, e sim o de protegê-los".

As cidades brasileiras, em sua grande maioria, não possibilitam, nem estão preparadas para possibilitar, o acesso e utilização dos espaços, mobiliários urbanos e serviços disponibilizados com autonomia e segurança. Desde 1988, a Constituição Federal determine leis, decretos, leis orgânicas, planos diretores, declarações, pactos, programas e convenções que garantem os direitos e condições de acessibilidade ás pessoas com deficiência objetivando uma maior autonomia, mobilidade e segurança contribuindo para a transformação da realidade social na qual vivemos.

Ao observarmos a extensão das duas principais avenidas da cidade de Erechim: a Avenida Maurício Cardoso e a Avenida 7 de Setembro constatamos situações em que se desrespeitam as condições de acessibilidade. Ambas possuem uma série de barreiras arquitetônicas que impossibilitam o acesso e utilização por vários grupos de pessoas que tem deficiência, mesmo em locais em que há adaptações, a maioria está em desacordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que estabelece os critérios de avaliação na NBR 9050 (2015). Dentre as barreiras arquitetônicas, as que são mais comumente encontradas são:

- Calçadas sem rebaixamentos e sem sinalizações (piso tátil), conforme a Figura 1;
- Calçadas com buracos, falta de manutenção e obstrução das calçadas por lixeiras, comércio ambulante, estacionamentos irregulares, canteiros de obra, conforme Figura 2;
- Rampas de acesso fora dos padrões estabelecidos na NBR 9050, muitas delas deterioradas;
- Ausência de telefone público adaptado a altura compatível com usuários de cadeiras de rodas;
- Ausência de vaga de estacionamento exclusivo para pessoas com deficiência física;
- Bueiros sem tampa ou grades de proteção;
- Mobiliário urbano danificado ou sem qualquer ergonomia;
- Instalações inadequadas onde se situam os telefones públicos e a caixa dos correios;
- Inexistência de faixas elevadas.

Figura 1 Rebaixamento inadequado da calçada. Foto: Autoria Própria

Figura 2 Calçada e piso tátil danificados. Foto: Autoria própria

Figura 3 Descontinuidade do piso tátil. Foto: Autoria própria

As condições de acessibilidade arquitetônica funcionam como intentos fundamentais para que as pessoas com deficiência ganhem autonomia nos mais diversos ambientes e situações que o mundo oferece. O conceito de acessibilidade universal não pode aparecer apenas figurativamente em leis, decretos, leis orgânicas, planos diretores, declarações, pactos, programas e convenções, devem efetivamente ser desenvolvidas e botadas em prática. Assim sendo, tais condições garantem não apenas a inclusão, mas também a dignidade humana às pessoas com deficiências.

2.1 Barreiras arquitetônicas no município de Erechim

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram que 6,2% da população brasileira tem algum tipo de deficiência, dentre as quais, a deficiência visual tem a maior representatividade, atingindo 3,6% dos brasileiros. O Sul, região em que está localizada a cidade de Erechim, tem a maior proporção de pessoas com deficiência visual (5,4%). Diante dessa pesquisa, podemos inferir que a deficiência visual, por se tratar de um grande número de pessoas acometidas na região, deveria ser a mais trabalhada para minimizar as barreiras arquitetônicas. Entretanto, as políticas públicas de adaptação das calçadas ao piso tátil, principal meio de locomoção e símbolo de autonomia entre os deficientes visuais, ainda é muito falha.

Podemos enxergar preocupantes dificuldades não apenas em executar corretamente a instalação do piso tátil ou da própria calçada, mas também na sua conservação. Não são raros os pontos na cidade em que o passeio é em muitos pontos obstruído por mobiliário urbano (muitas vezes colocados pelos lojistas, sem qualquer preocupação com o direito de ir e vir não apenas da pessoa com deficiência), caçambas de entulho, lixeiras, acúmulo de resíduos de obra, comércio ambulante e estacionamento irregular. Há também locais em que ocorre a descontinuidade do piso tátil, conforme mostra a Figura 3, levando perigo e insegurança a quem o utiliza. Além disso, um dos mais preocupantes casos de conservação e manutenção ocorre quando há obra ou reforma em algum lote e devido ao grande fluxo de pessoas e material pesado, o piso tátil acaba deteriorando-se até quebrar completamente, e muitas vezes eles não são substituídos, deixando assim o passeio incompleto podendo provocar acidentes e prejudicando a autonomia e segurança da pessoa com deficiência.

Além da questão de manutenção das calçadas com piso tátil é necessário instruir os lojistas que tem a prática de expor ou utilizar a calçada para o comércio com caixas de som, arcos de balões, brinquedos e outros materiais que obstruem a passagem, para ter o cuidado de não os posicionarem em cima do piso tátil. Algo que tem se tornado cada vez mais comum, a preocupação em instalar corretamente o piso tátil, mas não cobrar o seu devido uso.

O cuidado com a calçada, principal meio de locomoção de pedestres, não se restringe apenas ao piso tátil. Calçadas danificadas, com lajotas quebradas ou desníveis muito grandes são um perigo tanto para cadeirantes e pessoas com mobilidade reduzida, quanto para pessoas que não possuem nenhum tipo de deficiência.

2.2 Adaptações

Tendo em vista que as duas avenidas principais da cidade - a Avenida Maurício Cardoso e Av. 7 de Setembro – são o centro da cidade de Erechim e recebem diariamente os mais variados tipos de pessoas, inclusive pessoas com deficiência, torna-se necessário investigar e analisar as barreiras arquitetônicas que ainda estão presentes na cidade. Esta preocupação refere-se a um direito constitucional que prevê mudanças no que se refere à equipamentos e elementos que se caracterizem como barreira arquitetônica, para permitir o trânsito e a permanência dessas pessoas livremente, com segurança e autonomia pela cidade.

Assim, procura-se, a partir da NBR 9050 (2015), enquadrar as principais barreiras arquitetônicas encontradas na cidade de Erechim conforme o disposto na norma. Como visto, não são adaptações que exigem um elevado nível técnico ou grande investimento monetário, sendo então viáveis e sem maiores complicações para o governo municipal realizar pelo menos nas partes centrais e mais movimentadas da cidade.

- Instalação correta de rebaixamento e sinalização de calçadas (piso tátil)
- Manutenção periódica de calçadas prevendo locais para lixeiras, comércio ambulante, estacionamentos e canteiros de obra;
- Rampas de acesso respeitando o disposto na NBR 9050;
- Telefone público, caixas de correio e caixas de autoatendimento bancário conforme disposto em suas respectivas normas;
- Vagas de estacionamento exclusivo para pessoas com deficiência física e idosos;
- Bueiros devidamente instalados com tampa ou grades de proteção;
- Mobiliário urbano conservado respeitando as diversas ergonomias que podem existir na cidade;
- Instalação correta de faixas elevadas.

3. CONCLUSÕES

Ao observarmos as condições de acessibilidade arquitetônica no centro urbano de Erechim, mais especificamente as Avenidas Maurício Cardoso e 7 de Setembro, verificamos o quanto estamos engatinhando na questão de democratizar o acesso e trânsito de pessoas com necessidades especiais. Esta análise nos proporcionou um maior entendimento dos direitos e dificuldades do exercício da cidadania plena por estas pessoas, compreendemos as condições de acessibilidade como uma questão social de extrema importância que compete aos governantes do município. Entretanto, é necessário reunir os esforços da sociedade como um todo e não apenas do meio governamental, pois só assim o estigma criado pelo preconceito enraizado na questão da exclusão da pessoa deficiente pode ser eliminado.

As condições de acessibilidade arquitetônica para as pessoas com deficiência concebem um caminho possível e correto para que a inclusão social efetivamente ocorra, pois, a falta da mesma, frustra e impede que esses indivíduos tenham acesso, permaneçam e também utilizem com autonomia, segurança e comodidade dos vários elementos, mobiliários e vias de uma cidade. A sociedade inclusiva é um sinônimo de cidade inclusiva, e, portanto, idealiza-se como um ideal a ser perseguido.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil (recurso eletrônico), Brasília, DF. Supremo Tribunal Federal, Secretaria de Documentação, 2017

BRASIL. Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nos 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências.

BRASIL. Lei 10.098, de 14 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências.

BOBBIO, Noberto. A era dos direitos. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

NONATO, Domingos do Nascimento. Acessibilidade Arquitetônica como Direito Humano das Pessoas com Deficiência. Orbis: Revista Científica, Campina Grande, PB. Vol. 2, n. 2, pág. 138-164. 17 de agosto de 2011.

RIBEIRO, Lauro Luis Gomes. Uma cidade para todos. GARCIA, Maria (org.). In: A Cidade e seu Estatuto. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2005.

VILELLA, Flávia. IBGE: 6,2% da população têm algum tipo de deficiência, 2015. Disponível em:

http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-08/ibge-62-da-populacao-tem-algum-tipo-de-deficiencia acesso em: 22/08/2017

5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material contido neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ECO BUILDINGS: A PIVOTAL INTERRELATIONSHIP ANALYSIS OF SUSTAINABLE ENGINEERING IN THE CONSTRUCTION SECTOR

Giovani Jordi Bruschi
Paulo Roberto Dutra
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gio.bruschi@gmail.com I paulo_rdutra@outlook.com

Levino Bertochi Junior
Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC PR - Programa de Pós Graduação em Administração (PPAD) / Mestrando 2017
levinojunior@gmail.com

Gilson Francisco Paz Soares
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gilsonfps@uricer.edu.br

Abstract. *This article pledges with the state-of-the-art of the characteristics of sustainable buildings carried out by their interdependence. Draws upon a theoretical exposition, whose applied methodology was the desk-research, based on congress proceedings, Digital Thesis Bank, as well as books dated from 2006 to 2017, holding as key-words eco building, correlation system, methodological approach, stakeholder. The definitions of sustainable building often prove to be useless because they are unclear. In such manner defining sustainable building is a difficult concept due to its dependence on time, scale, domain and social uncertainties. Regardless, three types of sustainability impacts, namely environmental, economic and social impacts, are extensively accepted in the current assessment exercise. The present paper elucidates and vindicates the systems approach aiming the examination of sustainable interdependence building. Instructed by a structured groundwork which synthesizes three dimensions, namely, eco-building performance, methodology and stakeholder, this research delve into the existing interdependence in each dimension throughout a literature survey. The frame of reference and associated literature analysis can help with the recognition and identification risks associated with interdependence within building performance, methodology and stakeholders in the sustainability delivery.*

Keywords: *eco building, correlation system, methodological approach, stakeholder.*

1. INTRODUCTION

The civil engineering or the construction sector openly engages over 111 million people worldwide, and contributes to global environmental issues such as 20% of water use, 25–40% of energy use, 30–40% of solid waste generation and 30–40% of global greenhouse gas emissions. The sustainable construction has been highlighted as an effective advance on reducing the impact of developing and planning on the biosphere (Sharifi, et al. 2014).

The definition of eco-construction can be presented as the sustainable development of buildings and other construction works bring about the required performance and functionality with minimum adverse environmental impact, while encouraging improvements in economic and social (and cultural) aspects at local, regional and global levels. This description implies the system's consideration of environmental, social and economic aspects of sustainable building.

The present paper elucidates and vindicates the systems approach aiming the examination of sustainable interdependence building. Instructed by a structured groundwork which synthesizes three dimensions, namely, eco-building performance, methodology, and stakeholder, this research delve into the existing interdependence in each dimension throughout a literature survey.

2. THEORETIC INTERCONNECTION FRAMEWORK OF ECO-CONSTRUCTION

The existence of three dimensions - presented in this presented in this framework - namely the building pursuance, methodology, and stakeholder on their theoretical grounds have diverged from reductionism to holism. Interdependence may exist in any single dimension and/or sub-aspect, and/or in the integration of them.

With regard to the field ‘building pursuance, the reductionism approach investigates one aspect of ESE or one element of a single aspect, e.g. carbon or energy, whereas the holism approach spotlights on the correlation between the ESE ensemble aspects.

3. INTERDEPENDENCE OF SUSTAINABLE CONSTRUCTIONS

In accordance with Leckner, et al. (2011), the definitions of the sustainable building often prove to be useless because they are unclear. In such manner defining sustainable building is a difficult concept due to its dependence on time, scale, domain and social uncertainties. Regardless, three types of sustainability impacts, namely environmental, economic and social impacts, are extensively accepted in the current assessment exercise.

3.1 Interdependence from the stakeholder perspective

The prevailing scheme delivery processes were reprehended for their defectiveness in delivering eco-construction Pan, et al. (2015). In consonance with Reeves, et al. (2010), the traditional project processes utilized in the assembly of sustainable edifications might cause a larger number of wasteful rework and delays. One of the reasons might be presented by the higher required level of interdisciplinary collaboration in sustainable buildings (Van den Heede, et al. 2014). Several predicaments on the ratification of new methods and technologies hamper the eco-friendly construction project success, these difficulties might be caused by a steep learning curve in the sustainable building delivery (Chong et al., 2009).

Therefore, aligning and associating multiple stakeholders (i.e., policy-makers, occupants, building professionals) to collectively address the problems in the SB delivery is desirable (Sharifi, et al. 2014). Pursuant to Altomonte et al. (2013), proposals and strategies could be carried out as a consequence of collective actions in the long run, which would facilitate stakeholders' learning of new knowledge production. The importance of owner commitment towards sustainability, early involvement of contractors and the early inclusion of green strategies were emphasized by Cole et al. (2013) and Kurnitski et al. (2011).

The research about the relevance of end-users to the delivery of construction associated with sustainability is weighty in the contemporary literature due to the fact that a house performance depends directly on how end-users operate the house and how end-users interface with the technology (Kibert, 2008). By the dint of an ecological footprinting exercise undertaken by Leckner, et al. (2011), it was proved that the behavioral changes have a larger impact on environmental sustainability in comparison with the technological and regulatory strategies.

Although, there is a widespread reluctance of homeowners to accept the potential behavioral changes associated with the sustainable building. Also, an information gap between end-users, construction professionals, and government agencies exists (Riedy, et al. 2011). High energy-efficient technologies are only part of the solution, enhancing the adoption of the technologies would be another significant concern as elucidated by Li, et al. (2012).

The monetary and industrial concern is still a genuine predicament to the adoption of sustainable buildings and associated green features. Supplementary to the economic influence, household's sustainable behaviors are contextualized in the social and cultural aspects during the technology implementation. Thus, an in-depth insight about how their behavior ingrained within the social, cultural and geographic context needed when addressing their resistance to changes. In addition, their attitudes towards environmental concerns are also influential to behavioral changes.

Lastly, stakeholders recurrently aim to pursue their best earnings, thereby rendering difficulties in being aligned. This quandary is amalgamated by the fragmented nature of the construction project delivery. Interrelationship would exist between the value proposition of diverse stakeholders and their recognition of the importance of collaboration in delivering sustainable construction. Further, end-users' participation in sustainability is still seen to independent from construction professionals, although it is increasingly recognized that making use of the information sharing conduits between them is helpful to the eco-construction process success.

3.2 Interdependence from the methodological perspective

The methodological perspective portrays the temporal and spatial dimensions of sustainable building processes, products, and performance. The temporal dimension comprises two different trajectories, one ranging from material extraction to the end of life of the product and the other begins from planning and ends at demolition works. The spatial dimension specifies the location of physical subjects, from technology, construction components through the medium of the building to a broader context.

In reach to the temporal dimension, antediluvian stage enterprises will affect the later ones identifying the most paramount design parameters is helpful to optimize design solutions (Schnieders, et al. 2006). Anyhow, the success of building performance can neither be predicted nor guaranteed at the completion of design pattern clearly (Pan, et al. 2015). Four gaps, elucidated by Riedy, et al. 2011, between the design and the products are presented as it follows: 1) the occupancy arrangement contradicts the assumptions; 2) the as-built contrivance differs from the conception; 3) technologies do not function as experimented; and 4) the pattern of plug loads differs from the assumptions. Post-

occupancy evaluations also concurred that real building performance aligns poorly with design expectations (Xing, et al. 2011).

Material flow from material extraction aiming the product lifecycle, this interdependence is often found in the material flow trajectory (ranging from material extraction to the end of product life-cycle). For example, carbon emissions at the operation stage can be diminished at the expense of supplementing to other environmental impacts such as embodied energy. Photovoltaic and fuel cells technologies were propounded as an alternative for a predominantly fossil fuel-powered energy system, but actually require more energy to produce than they themselves will ever generate (Kibert, 2008). While embracement of tenacious materials might result in more personified energy for the construction, it pauperizes embodied energy in the replacement.

There is also the possibility of less environmental impacts during the construction, but more advanced impacts resulted from the maintenance or recycle stages. A prefabricated steel system will generate a momentous upsurge in embodied energy compared to the concrete building. However, the potential for the reuse of materials is weighty, resulting in 81% preserving in embodied energy in an eight-storey multi residential construction.

Aiming the popularization as well as the gain of insights into the life cycle impact of a building, the life-cycle approach is increasingly favored (Sharifi, et al. 2014). These studies are beneficial to portray the interconnection among embodied and operational energy/carbon. In keeping with Altomonte et al. (2013), the appraisal habitude primarily focus on the operation stage. Arpke, et al. (2005), surmised from an analytical survey that the operational phase of the life cycle causes the most significant environmental impacts, on the other hand, Kurnitski et al. (2011) scrutinized the life cycle energy usage of a typical passive house, and discovered that the embodied energy constituted 77% of the total energy consumption.

In consonance with Lapinski, et al. (2006), the amelioration of a low energy building to net zero energy may increase the embodied energy. However, the expansion can be concealed by the energy savings during the operation stage. A linear relationship between embodied energy and life cycle energy usage was indicated by Berggren et al. (2013). To epitomize, different constructions lifecycle stages in the temporal dimension are intimately connected with each other, among which interrelation may be prompted. Trade-offs exist between the diverse phases of the building lifecycle from the perspective of each element of ecological, social and economic aspects.

3.3 Interdependence in relation to sustainable construction efficiency

The ecological, social and economic framework of sustainable construction has been extensively utilized by prior studies, in some peculiar cases, other characteristics such as technological performance are also summated (Vučićević, et al. 2013). Deriving out of the reductionism approach, studies focus on a single aspect or elements of one aspect, whereas the holism approach emphasizes interdependence between multiple aspects or multiple elements of one aspect.

In the literature of ecological construction, there are innumerous studies examining a single aspect of the ecological, social and economic or a single element of one aspect. This patterning is singularly evident when studying energy consumption or carbon emissions (Cole et al. 2013).

The adroitness of preceding analysis, on energy consumption or carbon emissions, may be attributed to three reasons. First off, the global warming capacity establishes most of the environmental impacts resulted from building's heating energy consumption, compared to human toxicity, acidification, eutrophication and photochemical oxidation potentials (Aye et al., 2011). Secondly, accomplishing high energy pursuance is the most challenging aspect, for the reason that energy performance, albeit the most important, is less achieved than water efficiency and indoor air quality. Tertiary, decreasing carbon emissions of constructions is considered worldwide as a key part of government policy and energy is closely relevant to economic and social improvements (Koch et al., 2012).

The focus on one aspect of ecological, social and economic, in solar radiation has been reprehended for its negligence of the interrelation in the system. The inattentiveness of the economic and social aspects in research brings about a great limit for the assessment of building sustainability. Valdes-Vasquez and Klotz (2013) analyzed fifty design procedures and construction stages categorizing them into a framework for integrating social considerations in construction projects.

Aiming the accomplishment of sustainable development, the ecological, social and economic gimmicks should be evaluated in sync Pilkington, et al. (2011). Nevertheless, by what method the ecological, social and economic aspects should be addressed collectively remains a concern. Sustainability Index utilized to study building and construction works can be characterized as an aggregative function with weighted means, using either nonlinear normalization procedure or linear agglomeration (Rajendran, et al. 2009). However the sustainability concept is not an aggregate of social-economic-technological solutions, but an emergent property arising from the interaction of all these systems. The correlation among the indicators used to assess sustainable construction by the means of the decision-making trial and evaluation laboratory method was singularly analyzed by Lapinski, et al. (2006), delineated both process and substantive -outcome dimension- trade-offs associated with sustainability scrutiny. In conjunction with, it was suggested that to deal with the trade-offs, the demarcation of acceptable from unacceptable impacts would be helpful.

Predominantly, the literature brandishes that the interconnection conjoined with the construction sector performance is of imminent relevance to the performance amplitude of sustainable buildings (energy-efficient

buildings; environmentally-friendly buildings; and sustainable buildings). The interrelation prevails at two surfaces in relation to the effectiveness scope of eco-buildings. The know-how of carbon/energy probing at the constricted performance scope can influence on the concern of commanding a view at the interdependence between the elements of the environmental facet in the first substratum. Under these circumstances, it can eventuate interconnection oversimplification on the categorization elements of the environmental countenance. In the intervening time, it is generally sanctioned that the element of carbon/energy is placed as the priority in the face of anthropogenic climate change. With the apperception of the environment as one aspect of the ecological, social and economic framework of sustainable construction network, the correlation of sustainable buildings may occur in the interdependence of ecological, social and economic aspects in the second layer. Precisely, environmental interdependence and other two aspects (i.e. economic and social) were registered by above-mentioned researchers.

4. INTERDEPENDENCE OF ZCB AS A SPECIFIC CASE OF SB

In furtherance of enunciating the amalgamation of these three distinctive dimensions, a cross-examination of zero carbon constructions, which specializes in carbon/energy performance, was accomplished. Zero carbon edifications are premeditated as a leading-edge commence to reduce carbon emissions. Nonetheless, insufficient knowledge and discernment are applicable and reachable on the systems approach of examining these constructions. The examination calisthenics of zero carbon edifications, in particular, present the capacity to intercede and patronize, subtending this knowledge disparity.

4.1 Interdependence in relation to specialization of carbon consumption

The research adeptness in carbon, elucidates the cleverness of representing an oversimplification of sustainable buildings, as carbon is presented as only one element of the environmental aspects.

The elements other than carbon, for instance, air quality, are not explicitly addressed in zero carbon building. Supplementary, it is still not known if zero carbon constructions are economically viable and socially sustainable with the exception of a few attempts to explore the economic feasibility, for instance, Cole et al. (2013) and Kurnitski et al. (2011).

4.2 Interdependence between the performance and methodological perspective

The energy juncture unmatched is impuissant to make findings comparable primarily due to the methodological difference in terms of temporal and spatial dimensions. The performance dimension of zero carbon buildings is meticulously compatible to the methodology dimension. Achieving this state is closely relevant to boundaries of the building energy balance (Koch et al., 2012). Some researches highlighted that the borderland of zero carbon constructions should not be restricted to the footprint of the construction and the connection with the grid could be taken into account. This happens in reason of a mismatch among the energy production and consumption (Chong et al., 2009; Coimbra et al., 2013).

The Energy performance can also collaborate with the temporal dimension, for example, the idiosyncrasy bounded by embodied energy and operational energy. The contemporary elucidation of zero carbon building mainly refers to the operational energy, for example, regulated energy - for space heating, cooling, ventilation, lighting and hot water. Academic works advised that the energy use for appliances should be included in the eco-buildings energy scope. One reason might be that energy consumptions in lighting and appliances are on the increase.

Without regard to, and the additional torrent of studies proposed the inclusion of the lifecycle energy as the incorporation of a part of the energy - operational energy or regulated energy other than energy use for appliances - consumptions may sub-optimize the lifecycle impact. To such a degree, a lifecycle balance including both embodied and operational energy is indicated (Aye et al., 2011). However, when considering the intercommunication with the stakeholder scope, the distress of serviceability might commence. It is nonsensical to take embedded energy and transportation energy into account because it would likely generate a very complex result, which will, however, hamper the usability. This can demonstrate that the attainment and methodology dimensions have humongous relevance to the stakeholder dimension. In order to facilitate the up-take of zero carbon constructions in the market, a three dimension system thinking is intrinsic.

4.3 Interdependence among the performance, methodology and stakeholder

Correlation also subsists in the midst of the performance integration of zero carbon constructions, methodology and stakeholder dimensions. The apprehension of different stakeholders towards the concept and methodology varies widely. In reference to Altomonte et al. (2013), edifice owners normally pay attention to energy bills; governments focus on primary or source energy; building designers may be interested in compliance with energy code requirements.

Supplementary, house constructors have little confidence in the suppliers' capability to provide satisfactory products (ALWAER, 2010).

The implication, presents itself, on the necessity of identifying the key stakeholders. Thus, the concerns connected to them should be disposed into the performance and methodology dimensions. By the agency of a continual course of actions, applicatory stakeholders' preoccupations should be collectively addressed and their motivation should be aligned. It is also realizable that assimilation may materialize in certain stages of the life-cycle. Arpke, et al. (2005), propounded that the integrated design approach can be converted to a must in zero carbon buildings at the design stage. To such a degree professionals should work collectively in the early stage of the design process (Atanasiu, 2011).

Epitomizing, the investigation and reconnaissance of sustainable buildings from an integrated perspective reveal that the analytical approach is capable of to delineating the interconnection of zero carbon buildings in terms of performance, methodology and stakeholder on their theoretical grounds ranged from reductionism to holism. With the substantiation and description of this approach, the propinquity of eco-constructions could be concatenated in a systems affectedness.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

Upon reasoned elaborations, the humanity, over time, has explored the optimization utility of consumer goods and capital, without worrying about the causal phenomenology entailed - irrecoverable onus – to the environment. The effect of the increasing manufacturing process is not only evidenced in these phenomena, but also on the productive framework as a provision that results in a subsistence structure. The input, indispensable to the maintenance of the rational and social engendering, is bred and facilitated by the environment, however, this asset is not significantly glimpsed through society. The genesis, which emerges in a progressive scale, accentuates the harmful environmental impacts on the economic improvement of plural communities.

The results suggested that there is a correlation of the building performance, methodology, and stakeholders of sustainable buildings. Awareness and discernment of the interrelation would be too critical to be overlooked or made implicit in pursuing future research on and refining practice of renewable constructions.

Two dimensionalities - temporal and spatial - aggregate the methodological mindset. The anthologized building life cycle stages which interdependence may be set in motion. Interdependence also exists in the purview of the spatial dimension. Inward the physical building circumscription, interdependence between technology and design features may cause trade-offs.

From the collaborator mindset, it was discovered that end-users' participation in the sustainable construction is repeatedly self-reliant from construction professionals, although it is increasingly recognized that making good use of the information sharing conduits enables the sustainability success.

To counterbalance the articulation of these three dimensions integration, an examination of zero carbon buildings - which specializes in carbon/energy performance - was carried out. The speculative approach was capable of portraying the correlation of zero carbon buildings in terms of performance, methodology, and stakeholder on their theoretical grounds fluctuating from reductionism to holism.

The results present the capacity to intercede and patronize researchers with positioning their research. In assignments, the denouements should aid the increased elucidation of sustainable buildings as an important consideration in practice. The propinquity of different dimensions is conversant and intermixed with each other. Furthermore, the frame of reference and associated literature analysis can help with the recognition and identify risks associated with interdependence within building performance, methodology and stakeholders in the sustainability delivery.

6. REFERENCES

Altomonte, S., Schiavon, S., 2013. *Occupant satisfaction in LEED and non-LEED certified buildings*. Build. Environ. 68, 66–76.

Alwaer, H., Clements-Croome, D.J., 2010. *Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings.* Build. Environ. 45 (4), 799–807.

Arpke, A., Hutzler, N., 2005. *Operational life-cycle assessment and life-cycle cost analysis for water use in multioccupant buildings.* J. Archit. Eng. 11 (3), 99–109.

Atanasiu, B., Boermans, T., Hermelink, A., Schimschar, S., et al., 2011. *Principles for nearly zero-energy buildings: paving the way for effective implementation of policy requirements.* Buildings Performance Institute Europe, Belgium.

Aye, L., Ngo, T., Crawford, R.H., Gammampila, R., Mendis, P., 2012. *Life cycle greenhouse gas emissions and energy analysis of prefabricated reusable buildingmodules*. Energy Build. 47, 159–168.

Chong,W.K., Kumar, S., Haas, C.T., Beheiry, S.M., Coplen, L., Oey, M., 2009. *Understanding and interpreting baseline perceptions of sustainability in construction among civil engineers in the United States*. J. Manag. Eng. 25, 143–154.

Coimbra, J., Almeida, M., 2013. *Challenges and benefits of building sustainable cooperative housing*. Build. Environ 62, 9–17.

Cole, R.J., Oliver, A., Robinson, J., 2013. *Regenerative design, socio-ecological systems and co-evolution*. Build. Res Inf. 41, 237–247.

Conte, E., Monno, V., 2012. *Beyond the buildingcentric approach: a vision for an integrated evaluation of sustainable buildings*. Environ. Impact Assess. Rev. 34, 31–40.

Koch, A., Girard, S., McKoen, K., 2012. *Towards a neighbourhood scale for low or zerocarbon building projects*. Build. Res. Inf. 40, 527–537.

Kurnitski, J., Saari, A., Kalamees, T., Vuolle, M., Niemelä, J., Tark, T., 2011. *Cost optimal and nearly zero (nZEB) energy performance calculations for residential buildings with REHVA definition for nZEB national implementation.* Energy Build. 43, 3279–3288.

Lapinski, A.R., Horman, M.J., Riley, D.R., 2006. *Lean processes for sustainable project delivery.* J. Constr. Eng. Manag. 132, 1083–1091.

Leckner, M., Zmeureanu, R., 2011. *Life cycle cost and energy analysis of a net zero energy house with solar combisystem.* Appl. Energy 88, 232–241.

Li, B., Yao, R., 2012. *Building energy efficiency for sustainable development in China: challenges and opportunities.* Build. Res. Inf. 40, 417–431.

Pan, W., Ning, Y., 2015. *The dialectics of sustainable building*. Habitat Int. 48, 55–64.

Pilkington, B., Roach, R., Perkins, J., 2011. *Relative benefits of technology and occupant behaviour in moving towards a more energy efficient, sustainable housing paradigm*. Energy Policy 39, 4962–4970.

Rajendran, S., Gambatese, J.A., Behm,M.G., 2009. *Impact of green building design and construction on worker safety and health.* J. Constr. Eng. Manag. 135, 1058–1066.

Reeves, A., Taylor, S., Fleming, P., 2010. *Modelling the potential to achieve deep carbon emission cuts in existing UK social housing: the case of Peabody*. Energy Policy 38, 4241–4251.

Riedy, C., Lederwasch, A., Ison, N., 2011. *Defining zero emission buildings review and recommendations: final report*.

Schnieders, J., Hermelink, A., 2006. *CEPHEUS results: measurements and occupants' satisfaction provide evidence for passive houses being an option for sustainable building*. Energy Policy 34, 151–171.

Sharifi, A., Murayama, A., 2014. *Viability of using global standards for neighbourhood sustainability assessment: insights from a comparative case study.* J. Environ. Plan. Manag. 1–23.

Van den Heede, P., De Belie, N., 2014. *A service life based global warming potential for high-volume fly ash concrete exposed to carbonation.* Constr. Build. Mater. 55, 183–193.

Vučićević, B., Stojiljković, M., Afgan, N., Turanjanin, V., Jovanović, M., Bakić, V., 2013. *Sustainability assessment of residential buildings by non-linear normalization procedure.* Energy Build. 58, 348–354.

Xing, Y., Hewitt, N., Griffiths, P., 2011. *Zero carbon buildings refurbishment—a hierarchical pathway*. Renew. Sust. Energ. Rev. 15 (6), 3229–3236.

7. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

TIPOLOGIAS E PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÃO HISTÓRICA – PREFEITURA DE ERECHIM

Calisiani Catiani Azzolini
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
caliazzolini@outlook.com

Elisa Balen
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS
elisa.balen@gmail.com

Gabriela Stankiewicz
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Câmpus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner, Erechim, CEP 99700-000, Erechim, RS
gabistank@hotmail.com.br

Greisi Mara Bianchini
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus Erechim, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner, Erechim, CEP 99700-000, Erechim, RS
gmbianchini@hotmail.com

Resumo: *O edifício da prefeitura de erechim, sede administrativa do município, é local de desenvolvimento deste trabalho. edifício com identidade histórica do início do século 1930 em estilo eclético. o levantamento e identificaçao de tipologias arquitetonicas representativas de alguns movimentos históricos é realizado com a intencáo de enaltecer sua riqueza e valor cultural. o estudo e identificaçao das principais patologias que atualmente comprometem sua conservação é realizado no intuito de oferecer subsídios para intervençoes que recuperem este importante exemplar do patrimonio histórico local através de um possível processo de restauro*

Palavras-chave: *edifício histórico, tipologias, patologias, restauro.*

1. INTRODUÇÃO

O Município de Erechim alcança o centenário em maio de 2018. Neste contexto histórico, os olhares se voltam para o patrimônio histórico e cultural da cidade. O núcleo planejado em termos de urbanismo, com marcas fortes do positivismo de August de Conte, em avenidas convergentes para o centro administrativo, político e religioso local contribuem em enaltecer prédios históricos representativos deste núcleo sede. Neste contexto encontrado foi, lastro para a pesquisa em questão.

O planejamento deste município foi visto como indício histórico de estudos de planejamento urbano e arquitetônico, resultando em projeto de traçado urbano diferenciado executado ali. Dentro da área urbana, a pesquisa buscou destacar construção com valor histórico e destaque cultural, bem como de envolvimento afetivo para a população.

Pelos motivos elencados, optado foi pelo edifício da Prefeitura Municipal de Erechim. Construção eclética da década de 1930. A construção demonstra composição bem sucedida, onde se representam movimentos arquitetônicos como Clássico, Barroco, Art déco, e outros através dos elementos de sua composição.

A composição arquitetônica, reflexos da formação urbana, e dos momentos econômicos vividos pela cidade, justificam a condição construtiva atual. Estes conceitos orientaram a elaboração da pesquisa.

2. MÉTODO

A metodologia do trabalho é de caráter investigativo, em um primeiro momento. Onde se coletam informações sobre a composição arquitetônica. Aqui são identificados os principais elementos construtivos e são estes levados a uma

comparação com movimentos arquitetônicos. Desta forma os elementos são relacionados à época de sua criação artística e vinculados ao movimento arquitetônico correspondente.

O segundo momento busca identificar as principais patologias que se desenvolveram sobre a construção, e suas possíveis causas. Esta etapa em metodologia de observação explorará as superfícies de fachada e destacará os principais pontos falhos a serem trabalhados em uma possível intervenção de restauro.

Este trabalho foi realizado por meio da revisão bibliográfica, mediante leitura sistemática, ressaltando os pontos de interesse do objeto de estudo. Podemos classifica-lo ainda, do ponto de vista de sua natureza como pesquisa básica, que tem por objetivo gerar conhecimentos novos sobre a edificação da Prefeitura Municipal de Erechim.

A proposta de trabalho desenha-se inicialmente, na premissa de coleta de dados, passa pela análise de imagens e comparação de conteúdos. O estudo se valeu de dados técnicos, projetos urbanísticos, enquetes com profissionais, funcionários e estudos dirigidos de literatura. Visitas e identificação visual dos elementos.

Percebeu-se na variedade de características, a possibilidade de proveitos em uma pesquisa exploratória (GIL, 1995). Neste caso, levantamentos mais detalhados mostraram-se necessários, como na identificação das patologias.

Como o tempo de pesquisa foi limitado, tornou-se obrigatório, optar dentre alguns pontos de interesse, para o momento de levantamentos mais específico, sendo destacadas apenas algumas das principais patologias externas, presentes em maior quantidade.

A estratégia exploratório-construtiva quando possível, atrai a atenção por explorar visuais, descrever o que se encontra, bem como caracterizar as condições de ambiente, estrutura, condições, desempenho. A abordagem de interferência de áreas vizinhas, questões ambientais e sociais, e, também o mapeamento preliminar, como mostram os dados a seguir, é uma tendência em consolidação, para pesquisas e estudos sobre as relações pessoa-ambiente (RHEINGANTZ et.al.: 2009, p. 11).

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Evolução histórica e urbana

O engenheiro Carlos Torres Gonçalves, à frente da Diretoria de Terras e Colonização do Estado do Rio Grande do Sul, realizou como primeiro projeto, a criação da Colônia Erechim, na primeira década do século XX (ZAMBONATO, 2000). Nesse trabalho, procurou articular o povoamento do solo na região com um plano de escoamento da produção agrícola, observando o traçado da ferrovia que executaria a ligação do Rio Grande do Sul com São Paulo, a partir de 1910 (PEZAT, 2003).

Com o crescimento, o município foi criado no dia 30 de abril de 1918, através do Decreto nº 2343 assinado por Borges de Medeiros, então governador (FÜNFGELT, 2004).

Houve a preocupação de preservação das florestas nativas que contornavam os pequenos campos, e deram nome ao município. Ao realizar o planejamento do núcleo urbano, a intenção foi homenagear Paris, na época, vista pelos positivistas, como a "Meca do Ocidente". A ideia era transcrever na Praça Cristóvão Colombo, hoje Praça da Bandeira, com seis avenidas confluindo para ela (Figura 01), à inspiração no Arc du'Trionphe. Assim ainda, como Washington, projetada por Tomas Jefferson, marco pioneiro na ousadia do desenho urbano.

Figura 01 - Arc du'Trionphe, Paris, França
Fonte: www.falandofotos.blogspot.com/2007/09/paris-fotos-arco-triunfo.html

A concepção, à luz dos ideais republicanos, se deu partindo das diretrizes básicas, estabelecidas pelo decreto n° 247 de 19 de agosto de 1899, assinado por Borges de Medeiros, então governador gaúcho, sob influências do urbanismo barroco e pelos conceitos de racionalidade e ordem provenientes do positivismo, conforme dados retirados dos diários oficiais deste estado (2008), assim foi criado o traçado central da cidade de Erechim (Figura 02).

Figura 02 – Vista aérea de Erechim, setor mais ao norte, onde se localizava a estação férrea
Fonte: site Prefeitura Municipal de Erechim

3.2 História da Prefeitura de Erechim

A Prefeitura municipal de Erechim é uma obra arquitetônica com estilo eclético bem sucedido, dentre os prédios públicos da área urbana. A ideia de sua construção surgiu com o intuito de complementar a ideia de cidade planejada, através da sua localização, forma e proporções, sendo hoje uma obra que atrai olhares que circulam pela área central. A construção, iniciada em 1929, foi conclusa em 1940. Vários fatores influenciaram na demora. Em 1929 foi realizada uma espécie de licitação para determinar quem seria o responsável pela execução do prédio. João de Césaro (Passo Fundo) venceu, assinando contrato em novembro do mesmo ano com o Município de Vila Boa Vista do Erechim. A obra tinha previsão de conclusão de 10 meses e foi avaliada num total de trezentos e trinta e oito contos e oitocentos mil réis.

Deveriam ocorrer medições (fiscalizações) pelo fiscal de obras da prefeitura, Engenheiro Egídio Sousa, e assim os valores seriam liberados para a continuação. Em dezembro de 1930 o porão já estava erguido, quando ocorreu a primeira medição, mas devido às inúmeras alterações de projeto a obra se tornou onerosa. Já estavam começando o primeiro pavimento em janeiro de 1931 quando ocorreu a segunda medição e, última.

Após isto o atual administrador, coronel Attilano Machado foi exonerado do cargo, assumido seu posto Amintas Maciel. Com a posse, Maciel dispensou a fiscalização e mandou seguir a obra, além de alterar o projeto, pedindo que o porão fosse transformado na prisão do município – a qual funcionou ali por 30 anos.

Fora solicitada alteração de fachada, distribuindo de forma diferentes os elementos que a compunham. Com o tempo, o prefeito resolveu colocar em funcionamento a prefeitura mesmo estando inacabada. Além de tudo, a inadimplência se estendeu por seis ou sete administrações. Apenas em 1943 o prefeito Jerônimo Teixeira pagou toda a dívida.

(a) (b) (c)

Figura 03. Prefeitura em três momentos - Durante a construção (a), obra entregue (b) e restauração recente
Fonte: http://erechimimagens.blogspot.com.br/2006/07/ (acesso em: 24/08/2017)

O grande legado deixado pela construção é a solidez. Com cerca de oitenta anos de existência, é uma das mais antigas obras de Erechim, um grande marco para o município, seguindo em pleno uso. Desapontamentos existem por ser sabido que o projeto original, elaborado pela firma Mariense e Cia não foi mantido. Não se tem registros das mudanças feitas e nem de possíveis autores.

3.3 Tipologias presentes na prefeitura

O prédio é o único que representa imponência harmônica nas quatro fachadas. Considerado um exemplo bem-sucedido de articulação de elementos de arquitetura dos prédios públicos, abrigando o Governo Municipal desde a sua conclusão,com espaço interno equilibrado com o exterior. É considerado exemplo de arquitetura eclética - movimento que surgiu na Europa no final do século XIX. Para a arquiteta Maríndia Detoni, é um palácio renascentista, com predominância de linhas horizontais enquanto que, a simetria é característica da arquitetura clássica, assim como as colunas frontais imponentes de estilo Clássico-Jônicas. O uso de balcões é característica forte do classicismo, como o uso acentuado de base maior que o volume da cobertura, transmitindo solidez aparente ao conjunto. Ainda outros elementos decorativos e aplicações remetem ao citado movimento arquitetônico.

Outro traço marcante são as janelas do pavimento superior, em forma de arco. Tal característica remete ao Art déco, bem como o volume externo do conjunto – que se encaixa perfeitamente na teoria cubista da época.

Já os adereços remetem ao estilo barroco. Frisos, molduras, negativos, adereços e aplicações em alto relevo, ricos em detalhes, são forte presença deste movimento. A porta de acesso frontal traz um trabalho em ferro bastante detalhado e o antigo lustre da entrada representavam-no muito bem também. A alegoria grandiosa do movimento barroco se fez presente, porém encontrou equilíbrio nas proporções próximas ao individuo, quebrando a ideia de grandiosidade e impressionabilidade vindas do clássico.

Percebeu-se assim, uma vasta gama de características de movimentos arquitetônicos marcantes – renascentista, barroco e clássico, bem como o Art déco – presentes nos detalhes como volutas barrocas sustentando as sacadas com colunas similares à jônica, balaústres torneados, janelas retangulares e em arco. Enquanto, no seu interior conserva características de floreiras, escadarias, portas, corrimão e o piso de época com ladrilhos hidráulicos e granilhas nas escadarias. Algumas alvenarias internar conservam traços da pintura original.

3.4 Principais Patologias encontradas na prefeitura

As patologias nas construções históricas são de certo modo inevitáveis. A manutenção precária ou a falta dela ocasiona diversas anomalias de diferentes graus de severidade. Durante o processo construtivo podem ocorrer erros ou práticas inadequadas que aliadas às condicionantes ambientais podem levar ao seu envelhecimento prematuro e, comprometendo sua conservação.

O arquiteto francês Charles Rambert afirmou que as patologias presentes na construção civil constituem defeitos cuja responsabilidade pode ser do engenheiro, do arquiteto, do empreiteiro ou do fabricante do material. Entretanto, desde as origens da construção, problemas patológicos sempre existiram. “Estes que podem ser causados tanto por erros na construção como também, em consequência de fenômenos naturais”. A edificação estudada teve sua construção concluída em 1940. As patologias abordadas nesse trabalho se referem principalmente às áreas de fachada as quais ficam mais expostas às ações do tempo, ignorando neste momento as patologias que acometem o interior da edificação.

A área externa da prefeitura reflete um estilo arquitetônico que foi muito difundido no município e, portanto, é característico da cidade, nutrindo em seus habitantes um sentimento nostálgico e de preocupação com o que é considerado uma das construções mais emblemáticas do patrimônio histórico de Erechim. A fim de restaurar e garantir o bom funcionamento e apresentação estética da prefeitura, algumas patologias devem ser observadas, que podem vir a contribuir para a degradação precoce do edifício:

1. Fissuras decorrentes do trabalho dos materiais empregados ao longo dos anos, e por atuação de sobrecargas, bem como devido às intempéries causadas pelo ambiente como chuva, ventos e grande variação de temperatura. Além disso, toda estrutura do subsolo, onde existia alvenaria de pedras, foi revestida por reboco misto, ocultando os materiais originais. Na figura 05 podemos observar uma pequena parte exposta por reforma do aspecto original.

Figura 05. (a) Fotografia da atual Prefeitura de Erechim – Antiga parede em alvenaria de pedra – subsolo
Fonte: Autores

Figura 06. (a) Fotografia da atual Prefeitura de Erechim – Descascamento e revestimento subsolo
Fonte: Autores

2. Cantos vivos danificados (quinas) e descascamentos de placas de revestimento.
3. Telhas quebradas e/ou empenadas que podem ocasionar infiltração da água da chuva.
4. Umidade por intemperismo, quando a água da chuva penetra pelas fachadas e/ou cobertura. Essa patologia leva ao comprometimento dos revestimentos, especialmente reboco e pintura, como pode ser visto nas figuras 07 e 08.
5. Desenvolvimento de vegetação pela falta de manutenção e limpeza correta das coberturas e fachadas, como bem ilustra a figura 08.

Figura 07. (a) Fotografia da atual Prefeitura de Erechim – Descascamento reboco térreo e falência da pintura
Fonte: Autores

Figura 08. (a) Fotografia da atual Prefeitura de Erechim – Descascamento e revestimento subsolo
Fonte: Autores

Essas patologias estão ligadas ä questões ambientais (chuva, umidade, calor) e, se agravam com a falta de manutenção – problema comum pela escassez de recursos em épocas de crise financeira nos municípios - sobre as quais não possuímos controle, resta-nos trabalhar para minimizar as anomalias da melhor forma possível. Para tal trabalho de restauro deve-se criar uma hierarquização de critérios com os quais é possível determinar o que é mais urgente na conservação da prefeitura. Frente a esta situação, e com base em estudos realizados anteriormente sugere-se que se faça uso da seguinte classificação (1) Restauro urgente: em pontos que estejam comprometendo a estrutura,

segurança e estabilidade da edificação; (2) Restauro interno: criando-se assim um ambiente seguro para quem transitar por dentro do local; (3) Restauro estético: normalmente o restauro das fachadas e acabamentos exteriores.

Para reduzir ou eliminar os problemas patológicos deve haver maior controle de qualidade nestas etapas do processo construtivo e projetual (JUNIOR, 2003). A importância do controle do projeto seja de execução ou restauro influência diretamente na qualidade do resultado final, sendo assim é de inexorável importância o acompanhamento de um arquiteto e urbanista qualificado para tais obras. A aplicação organizada e regularizada das práticas utilizadas na obra garante a prevenção de anomalias e patologias na edificação, assegurando assim uma obra em bom estado de conservação e perfeita para o uso que lhe foi atribuído.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade necessita de manutenção. Essa manutenção está ligada aos materiais de uso rotineiro e à disponibilidade de recursos financeiros, (SITTER 1984, apud HELENE, 1992). A disponibilidade se apresenta como desafio à manutenção, ao desempenho necessário do investimento. O uso da edificação inclui sua operação e as atividades de manutenção realizadas durante sua vida útil. Pelo fato das atividades de manutenção em sua maioria serem repetitivas e cíclicas, é importante a implantação de um programa de manutenção visando otimizar a utilização de recursos e manter o desempenho de projeto (JUNIOR, 2003).

Em virtude desta priorização, temos descaso com a manutenção, ou manutenção já tardia, o que normalmente ocorre agravando patologias construtivas já existentes. O diagnóstico das patologias de um edifício como um todo ou em suas partes significa identificar as manifestações e sintomas das falhas, determinar as origens e mecanismos de formação, estabelecer procedimentos e recomendações para a prevenção (BARBOSA, 2010). Considerando a progressão de investimento necessário para manter as construções históricas, onde normalmente não se tem geração de renda que sustente a manutenção rotineira, o custo para restauro e recuperação encontra ainda maior resistência.

O resultado são situações como esta, encontrado no prédio histórico símbolo do poder executivo desse município. Neste momento, cabem ainda mais estudos para de forma otimizada, buscar e empregar recursos na sua recuperação, mantendo viva a história deste município e seus munícipes.

5. REFERENCIAS

BARBOSA, Maria Teresa Gomes (1); POLISSENI, Antônio Eduardo (2); TAVARES, Fabiana Mendes (3) *Patologias de Edifícios Históricos Tombados*, I ENANPARQ, Rio de Janeiro, 2010.\

CHIAPARINA, Enori José; SMANIOTTO, Maria Lucia Carraro; FÁBRIS, Neivo Angelo; HACHMANN, Roberto. *Retratos do Passado, Memórias do Presente*. Editora Grafoluzz. Erechim – RS. 2012.

DETONI, Maríndia Girardelo. Erechim e sua arquitetura antiga. *Jornal Diáiro da Manhã*. Edição de Especial. Erechim. 1997.

ERECHIM, disponível em www.pmerechim.rs.gov.br, consulta em 27 de agosto de 2017.

FÜNFGELT, K. História da paisagem e evolução urbana da cidade de Erechim – RS. *Dissertação de Mestrado*, UFSC. Florianópolis, 2004.

GIL, Antonio Carlos. *Técnicas de pesquisa em Economia*. Editora Altas S.A. 2ª. Edição. São Paulo, 1995.

HELENE, Paulo RL. *Vida útil de estruturas de concreto armado sob o ponto de vista da corrosão da armadura*. *In.:* SEMINÁRIO DE DOSAGEM E CONTROLE DOS CONCRETOS ESTRUTURAIS. Brasília, 1993.

JUNIOR, Milton Paulino da Costa; SILVA, Maristela Gomes. A Influência do Processo Produtivo no Controle de Patologias e nos Processos de Manutenção. Disponível em wwwo.metalica.com.br/artigos-tecnicos/a-influ-ncia-do-processo-produtivo-no-controle-de-patologias-e-nos-processos-de-manutenc-o/pagina-2. Acesso em: (19/09/2017).

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

LOUIS KAHN: O ARQUITETO DA CRIATIVIDADE E DA INOVAÇÃO

Guilherme Cezaro Munaretto
Universidade Regional Integrada Uri – Campus Erechim/RS
guilhermemunaretto@gmail.com
Luana Carina Kuhn
Universidade Regional Integrada Uri – Campus Erechim/RS
luannakuhn8@hotmail.com
Roberta Gazolla Ferrarese
Universidade Regional Integrada Uri – Campus Erechim/RS
robertaferrarese@hotmail.com

Resumo: *O presente artigo objetiva apresentar aspectos relacionados há três importantes obras de um dos mais importantes arquitetos modernistas, Sr. Loius Isadore Kahn. Para obtenção dos dados utilizou-se de uma pesquisa documental, baseada em artigos e sites que auxiliaram nos levantamentos das obras arquitetônicas de Kahn. A primeira obra de estudo foi à Casa dos Fischer, um grandioso projeto enaltecidos de formas e design. Em seguida, o projeto Margaret Esherick House, que apresenta criatividade e o uso compactado dos espaços. Por fim a terceira obra, o Museu de Artes Kimbell, localizado na cidade do Texas, um projeto ousado e de inconfundível personalidade. Estudaremos o arquiteto de ideais modernistas que com seu talento e criatividade estava à frente de seu tempo e projetou em suas obras muitas inovações formais, confrontando as exibidas em meados do século XX.*

Palavras-Chave*: Arquitetura. Modernidade. Design. Inovação. Projetos.*

1. INTRODUÇÃO

Tratando-se da Arquitetura, não poderia-se deixar de abordar as obras realizadas por uns dos mais importantes arquitetos modernistas. Nascido na Estônia, Itze-Leib Schmuilowsky no ano de 1901, oriundo de uma família judia pobre morou na ilha de Ösel, na Estônia, onde "passou parte de sua infância em Kuressaare. Devido à Guerra entre Rússia e Japão sua família imigrou para os Estados Unidos em 1905. Foi naturalizado americano em 1914 e teve o nome mudado por seu pai em 1915 para Louis Isidore Kahn." (COLIN, 2011).

Kahn é reconhecido por seu papel desempenhado, por ter um modo mais individual de projetar. O arquiteto buscou através de suas obras dar novo significado na implementação da arquitetura modernista traçada no século XX, projetando alguns dos edifícios mais importantes e influentes deste mesmo século. Neste cenário Kahn procurou transpor "leveza e transparência", engrandecendo seus projetos, e definindo um novo olhar sobre a forma de projetar, buscando com isso enaltecer o seu papel de arquiteto e adaptar um elo entre "as técnicas construtivistas milenares e a alta tecnologia" (COLIN, 2011).

Para Jantzen e Almeida (2011), foi em meio as suas viagens que Kahn, adquiriu uma grande bagagem de conhecimento e experiências, onde aplicou as mesmas em seus projetos, tentando agregar a estes criatividade. Enquanto outros arquitetos mostravam-se sem criatividade, Kahn com suas habilidades de desenhar, traçava sua trajetória.

O presente artigo objetiva apresentar aspectos relacionados a três importantes obras de Kahn: A Casa Fischer, Margaret Esherick House e o Museu de Artes Kimbel.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se do método de revisão bibliográfica, desenvolvida através de leitura, com fichamento de cada obra, ressaltando os pontos abordados pelos autores pertinentes ao assunto em questão.

3. AS OBRAS DE KAHN

3.1 A casa Fischer

Dentre seus projetos idealizados destaca-se a casa Fisher "Fig.1", que traduz a um projeto concreto residencial em estilo moderno arquitetado no século XX. A esse Kahn, se utilizou de formas e design clássicos, mas se prevalecendo de tradições vernaculares, incorporado de forma significativa a luz natural da casa. A planta desta obra, encontra-se

arquivada na Pensilvânia, juntamente com o restante da coleção de desenhos, modelos e fotografias entre outros arquivos pessoais e do escritório de Kanh, (PENNDESIGN, 2016), conforme Fig. 01.

Figura 01 – Vista da Casa Fischer.
FONTE: Rímel poderoso < http://rimelpoderoso.blogspot.com.br/>

A Casa de Fisher-Kahn é uma residência moderna projetada pelo arquiteto entre 1960-1964 e construída de 1964-1967. Sendo uma das nove residências arquitetadas por Kahn. A obra está situada em um local estreito, em declive que inclui uma ponte projetada e construída sobre Pennypack Creek. A residência Fisher deixa aparente o estilo pessoal de arquitetura de Kahn, que evoluiu em meados dos anos sessenta (LIVING PLACES, 2013).

A intenção do casal era construir uma casa confortável para sua própria moradia, porém sendo uma obra do arquiteto Kahn, não tiveram escolha. Os Fishers doaram sua casa, mantendo uma propriedade de vida, ao National Trust for Historic Preservation, uma organização nacional sem fins lucrativos, dedicada a preservação dos recursos históricos da América. Por isso, fizeram a doação da casa ao Instituto, para a preservação histórica. O National Trust assumiu a propriedade total do imóvel em abril de 2012(LIVING PLACES, 2013).

O projeto da Casa Fisher desafiou os princípios do modernismo e foi profundamente radical para a época. Através da ênfase dada à divisão espacial fundamentada nas especificidades do espaço, no plano radical, no sentido da pureza abstrata e da austeridade, e na sua presença monumental, rejeitou a filosofia do Modernismo Internacional. Apesar de seu projeto radical, a Casa de Fisher nunca perde a profunda conexão humana incorporada em todas as obras de Kahn (LIVING PLACES, 2013).

3.2 Margaret Esherick House

No projeto da Margaret Esherick House, localizada em Chestnut Hill, na cidade da Filadélfia, Kahn buscou segregar os espaços entre os espaços serventes, ou seja, para que estes serviam e aos espaços servidos (COLIN, 2011). Perfazendo-se que seus projetos, além de criativos, fossem bem aproveitados, proporcionando aos espaços harmonia e bem estar.

Projetada entre os anos de 1959 e 1962, é a primeira moradia entre as nove projetadas pelo arquiteto. Seus edifícios são robustos e enfatizaram a estrutura, a organização espacial, o contexto e a separação arquitetônica de "servo" e "servido" (Historic American Buildings Survey, 1933). Contudo, em seus projetos Kahn leva em consideração a mistura entre a humanidade e o ambiente construído.

Margaret, cliente de Kahn – era uma mulher solteira, empresaria e inteligente. Na planta será observada a grandiosidade do 2º pavimento, com grande espaço íntimo, que continha closet e sala de banho com lareira. A planta se utiliza de linhas retas, mas são observados dois volumes criados simetricamente nas fachadas leste e oeste e também duas subtrações nas fachadas norte e sul (ALMON, 2016).

A casa apresenta basicamente o uso de três materiais sendo eles a alvenaria presente em paredes e lajes, o vidro presente nas fachadas em forma de aberturas e a madeira presente nas esquadrias e mobiliário da casa. São apresentadas na forma de elementos como entrada da casa e saída para jardim conforme se observa na Fig. 02, (SVEIVEN, 2012):

Figura 02 – Vista frontal Margaret Esherick House
FONTE: AD Classics: Esherick House / Louis Kahn < http://www.archdaily.com/202759/ad-classics-esherick-house-louis-kahn>

Desta forma, estudar obras de Kahn permite mobilizar conhecimentos técnicos e filosóficos, e ultrapassar as tradicionais barreiras do racionalismo clássico, nas quais a arquitetura moderna normalmente se encerra. Percebe-se a intenção de Kahn em superar a racionalidade simplista, buscando o orientalismo, com a elevação do espírito pelas formas platônicas, com os jogos de luz, o sentido de eternidade e permanência oferecido por seu jogo de materiais (COLIN, 2011).

3.3 Museu de Arte Kimbell

O Museu de Arte de Kimbell foi arquitetado em 1972, localizado no meio de um parque próximo a outros museus importantes, na cidade do Texas, Estados Unidos, realizando o desejo de seu fundador, o bilionário Kay Kimbell, em criar um local público apropriado para a sua coleção de arte, sendo que o espaço seria de uso principalmente de obras de pintores dos séculos XVII e XVIII (MUSEU DE ARTES KIMBELL, 2016).

O Museu de Artes Kimbell, foi projetado sob a ótica de três alas, constituindo uma central e duas lateias conforme apresentado na Fig. 03 e sendo que:

> As alas laterais são similares: formadas por seis abóbadas de berço, independentes entre elas e apoiadas cada uma em quatro pilares perimetrais. A ala central retrocede numa das frentes duas abóbadas, criando um pátio de entrada. As fachadas são extremamente homogêneas, segundo o ritmo das abóbadas e seus pilares, e o espaço entre elas (FRACALOSSI, 2013, p.1).

Figura 03 – Vista do Museu de Artes Kimbell.
FONTE: Clássicos da Arquitetura: Museu de Arte Kimbell / Louis Kahn http://www.archdaily.com.br/br/01-117677/classicos-da-arquitetura-museu-de-arte-kimbell-slash-louis-kahn

Segundo Fracalossi (2013), Kahn procurou fazer um projeto sofisticado, mas ao mesmo tempo harmonioso, onde o público pudessem se sentir acolhido. Desse modo, Kahn criou uma espécie de filtro, uma estrutura sob o teto que permite a troca de painéis com maior ou menor grau de opacidade. Isso proporcionou aos curadores um controle sobre a luz em função das obras que estão sendo expostas. Projetou, também, uma claraboia que tem sua luz direcionada por duas asas de alumínio perfurado, evitando uma iluminação direta nas obras de arte.

O Museu de Artes Kimbell é edifício mais famoso do arquiteto americano Louis Kahn e foi composto por seis abóbadas paralelas, ao longo de todo o seu comprimento para criar espaços íntimos e monumentais e, ao mesmo tempo, contemporâneo e atemporal.

Conforme Fracalossi (2013), o concreto aparente continua presente nas lajes. Os nichos entre cobertura e fechamento tornam-se mais nítidos com a entrada da luz natural.

Kahn, não se contenta com soluções fáceis, levou três anos para produzir quatro propostas de design para o museu. Sua beleza inconfundível e de personalidade única foram resultado de uma definição sensata de espaços, em que a textura dos materiais, o som da água e o fornecimento de luz desempenharam um papel importante na criação de uma intensa emoção artística (MUSEU DE ARTES KIMBELL, 2016).

Para Colin (2011), Louis I. Kahn foi um dos mais formidáveis arquitetos do século XX, sendo comparado à "Le Corbusier, Alvar Alto ou Mies van der Rohe, embora não seja tão conhecido pelos estudantes brasileiros como estes". Em suas obras, apareceram grandes inovações formais.

4. CONCLUSÕES

Percebe-se nos trabalhos de Kahn que este conseguiu sucesso e reconhecimento a partir de técnicas e sistemas passados adaptados a realidade de seu trabalho, e embora não tenha conseguido em vida mostrar de forma eficaz seu trabalho, acabou brilhando e enaltecido após sua morte, com muito apresso pelos belíssimos projetos desenvolvidos em sua vida.

Kahn, à frente, pois buscou não só projetar, mas incorporar dentro de seus projetos potencialidades, transpondo significado, combinações, enaltecendo a grandeza de criar de um arquiteto. Para que seus projetos fossem eficazes, Kahn que não era nada adepto a construção convencional, solicitava aos seus engenheiros que buscassem inovações, novas soluções para afim de enriquecer as obras projetadas.

Vemos nos trabalho de Kahn que não existem elementos obrigatórios para uma boa arquitetura e sim elementos necessários a cada projeto, que podem enaltecer e dar características próprias para cada obra afim de que também sirvam de inspiração para os já e futuros arquitetos.

Por fim, pode-se concluir que Louis Kahn buscou em seus projetos transpor leveza e transparência, assim pode engrandecer seus projetos, e definir um novo olhar sobre a forma de projetar, buscando com isso enaltecer o seu papel de arquiteto e adaptar um elo de ligação entre técnicas construtivas existentes e as novas soluções tecnológicas disponíveis, deixando assim um grande legado, que serve de grande inspiração para os já e futuros arquitetos.

5. REFERÊNCIAS

ALMON, Margaret. Margaret Esherick House: A Louis Kahn Design for an Independent Woman. Estados Unidos, may 2016. Disponível em:< http://www.margaretalmon.com/margaret-esherick/>. Acesso em o5 junho de 2017.

COLIN, Silvio. Louis I. Kahn: **Coisas da Arquitetura**. 2011. Disponível em: https://coisasdaarquitetura.wordpress.com/2011/07/28/louis-i-kahn/>. Acesso em 25 abril de 2017.

FRACALOSSI, Igor. Clássicos da Arquitetura: **museu de artes Kimbell-Louis Kahn**. 17 Jul, 2013. Disponível em < http://www.archdaily.com.br/br/01-117677/classicos-da-arquitetura-museu-de-arte-kimbell-slash-louis-kahn>. Acesso em 25 abril de 2017.

HISTORIC AMERICAN BUILDINGS SURVEY, et al. *Margaret Esherick House, 204 Sunrise Lane, Philadelphia, Philadelphia County, PA*. Pennsylvania Philadelphia Philadelphia County, 1933. Documentation Compiled After. Photograph. Retrieved from the Library of Congress. Disponível em: <https://www.loc.gov/item/pa4101/>. Acesso em 26 maio de 2017.

JANTZEN, S. A. D.; ALMEIDA, L. B. Autor e método projetual. Louis Kahn na arquitetura modernista. 2º. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO X WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais eletrônicos...** 2011. Rio de Janeiro. Disponível em: < http://www.iau.usp.br/ocs/index.php/sbqp2011/sbqp2011/paper/viewFile/343/131>. Acesso em 26 maio de 2017.

LIVING PLACES. Casa Fisher - Kahn. Pensilvânia, 2013. Disponível em: < http://www.livingplaces.com/PA/Montgomery_County/Hatboro_Borough/Fisher-Kahn_House.html>. Acesso em 5 julho de 2017.

MUSEU DE ARTES KIMBELL. Arquiteto: **Louis I. Kahn**. Fort Worth, Texas, Estados Unidos [2016] data certa não indicada no item. Disponível em: < https://pt.wikiarquitectura.com/constru%C3%A7%C3%A3o/museu-de-arte-kimbell/>. Acesso em 6 julho de 2017.

PALERMO, Nicolás Sica. As arquiteturas do tempo de Louis I. Kahn. Romano Guerra Editora, fev, 2006. Disponível em: http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.069/382>. Acesso em 25 abr.

PENNDESIGN. Architectural Archives. UniversitY of Pennsylvania, 2016. Disponível em: < https://www.design.upenn.edu/architectural-archives/louis-i-kahn-collection>. Acesso em 26 maio de 2017.

SVEIVEN, Megan. AD Classics: Esherick House Louis Kahn. Jan. 2012. Disponível em: <http://www.archdaily.com/202759/ad-classics-esherick-house-louis-kahn >. Acesso em 06 julho de 2017.

TOSTÕES, Ana. Louis I. Kahn: **O que é ser um tijolo**. Fev, 2001. Disponível em: < https://www.publico.pt/noticias/jornal/louis-i-kahn-o-que-e-ser-um-tijolo-155068>. Acesso em 26 maio de 2017.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

APLICAÇÃO DE MODELOS URBANOS PARA ANÁLISE DA CIRCULAÇÃO DE PEDESTRES

Ivana Karine Aver
Francisco Luiz Pinto
URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Uri Campus de Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621, bairro Fátima.
ivanakarine@yahoo.com.br
francisco.pinto@uri.com.br

Resumo. *O propósito deste estudo foi analisar a viabilidade de aplicação de modelos urbanos em cidades, tomando com o objeto de estudo de caso Erechim, no norte do Rio Grande do Sul. A cidade caracteriza-se por ter traçado viário planejado, com dez vias que partem de uma praça central. Foram analisados os principais modelos urbanos e deste concluiu-se que o mais adequado para a análise urbana do objeto de estudo de caso é o Modelo de Centralidade de Krafta. Este modelo caracteriza-se por considerar duas variáveis básicas: o traçado viário e os atratores, sendo este último fundamental para o caso em tela, visto suas particularidades locacionais.*

Palavras-chave: *planejamento urbano, traçado viário, modelos urbanos.*

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho analisa a viabilidade de aplicação de modelos urbanos em uma determinada cidade, a fim de criar, futuramente, propostas de intervenção para melhorar a relação pedestre – espaço público – edificação.

Inicialmente é apresentado o objeto do estudo de caso - a área central da cidade de Erechim. A relação entre os espaços públicos e os pedestres tem aqui suas particularidades devido ao fato de a cidade ter seu traçado viário planejado, diferentemente da maioria das cidades brasileiras. Por fim, é analisada a possibilidade de aplicação dos modelos urbanos ao caso em estudo.

2. AS IMPRESSÕES DO ESPAÇO

Se perguntarmos a vários pedestres que passam todos os dias por um determinado local qual a percepção que têm do mesmo, ouviremos as mais diversas respostas. A pessoa que passa todos os dias pelo local a caminho do seu trabalho dificilmente detém-se para observar as peculiaridades do entorno. Trata o local como uma passagem sem atrativos, apenas possuidor de referenciais para sua orientação. Já para um turista, este mesmo local pode ter inúmeros atrativos. O turista é capaz de admirar os belos canteiros, um prédio antigo e abandonado e os demais pedestres que também fazem parte da paisagem. Para cada um, o mesmo local tem significados diferentes.

Nas pequenas cidades brasileiras, os principais pontos focais em geral localizam-se ao longo da via principal, que por características históricas e configuracionais, é a via que acessa as demais. O traçado dessas cidades possui pouca permeabilidade. Tudo ocorre na via principal porque todos passam por ela.

Neste artigo é analisado o caso de Erechim, cidade com mais de 100.000 habitantes localizada ao norte do Rio Grande do Sul, a qual diferencia-se da maioria das cidades gaúchas por ter seu traçado planejado. O projeto inicial induziu o crescimento da cidade e orientou a localização dos atratores.

Entretanto, apesar do planejamento inicial, existem hoje grandes diferenças locacionais na sua zona central. A relação dos usuários, principalmente dos pedestres com o meio é desequilibrada, gerando grandes conflitos pontuais.

É importante a análise dessas discrepâncias para que o planejador urbano possa intervir objetivando o equilíbrio da região.

Não se pretende, neste trabalho, aplicar os modelos urbanos, mas apenas investigar qual seria o mais adequado para atingir os objetivos propostos.

3. MODELOS URBANOS

Os modelos urbanos são classificados em modelos microeconômicos e modelos de interação espacial. A análise dos modelos microeconômicos iniciou com Johann Heinrich Von Thünen em 1826, criador da teoria de localização das atividades econômicas. Na sua teoria de localização agrícola, o modelo é isolado do mundo, sendo assim auto-suficiente. Em 1933, Walter Christaller publicou o livro Die Zentralen Orte in Suddeutschland, onde apresenta a teoria do lugar central. Sua teoria é baseada na idéia de organização ao redor de um núcleo. Nos estudos de Christaller está sempre presente a noção de conjunto como uma soma de elementos que se relacionam entre si (BREITBACH, 1988, p. 31). August Losch, em 1939, apresentou a teoria de equilíbrio geral, que discorre sobre a ótima distribuição das atividades econômicas no espaço com a máxima racionalidade como um padrão a ser seguido. Em 1964, Alonso criou um modelo onde a localização das atividades estava diretamente relacionada ao valor da terra, ao custo dos transportes e à renda dos cidadãos. Neste caso, diversas variáveis eram ponderadas a fim de encontrar-se o melhor benefício.

Com base no acima exposto, percebe-se que a complexidade dos modelos urbanos aumentou significativamente. Os dados, cada vez mais desagregados, são fundamentais para as novas teorias de modelos urbanos. Para Wegener (1998), é necessária uma reformulação do modo como os modelos se organizam, baseada numa visão "microscópica" da realidade.

Já os modelos de interação espacial começaram a surgir nos anos 60, sob nova abordagem. Assim como as teorias microeconômicas, estas também tratam o espaço como unidades individualizáveis. A capacidade de geração de fluxos entre duas unidades espaciais é diretamente proporcional à capacidade total de geração de fluxos de interação de cada uma delas, mas inversamente proporcional à distância entre ambas. Atualmente, os modelos procuram unir todas as informações dos demais modelos, analisando o espaço conjuntamente.

Recentemente foi destacado outro grupo de modelos: os configuracionais, baseados na análise do traçado viário. Bill Hillier é o nome mais significativo destes estudos. Em 1984, juntamente com Hanson, criou o modelo de sintaxe espacial, defendendo um novo paradigma para o estudo configuracional urbano, onde as características primárias da forma do grid urbano tendem a privilegiar certos espaços em detrimento de outros através do movimento. A sintaxe espacial tem por objetivo o estabelecimento de relações entre a estrutura espacial da cidade e de seus edifícios, a dimensão espacial da estrutura social e suas variáveis mais amplas, procurando revelar a lógica do espaço arquitetônico em qualquer escala como a lógica espacial das cidades. Para Hillier & Hanson (1984), "A sintaxe pode propor uma possibilidade que não é óbvia para a intuição: que é o caminho proveniente da similaridade para diferenciar, de classe de equivalência para individualidade, também é o caminho de geradores locais para formas globais." Os autores ainda afirmam que as propriedades configuracionais globais de cada indivíduo não é devido à existência de determinados atratores. Assim, a configuração do grid urbano é a principal geradora de padrões de movimento. Tipos de uso do solo que se beneficiam da passagem e concentração de pessoas (p.ex. atividade comercial) tendem a estabelecer-se em pontos de maior acessibilidade e concentração de movimentos, podendo funcionar como multiplicadores dessa quantidade de "Movimento Natural" gerada pelo grid.

Sua teoria utiliza diversas medidas de desempenho urbano, mas principalmente a Real Relativa Assimetria (ou Integração). Segundo este conceito, os espaços públicos abertos podem ser decompostos em espaços convexos, criando linhas axiais, definidas como o menor número das maiores linhas retas capazes de cobrir todos os espaços convexos. A relação topológica entre as linhas é dada através do mapa axial. Este pode descrever ppopriedades configuracionais da malha, como a conectividade de cada linha, o controle local do sistema ou sua segregação. Porém, como já foi citado, a medida global mais importante é a integração, que mede a profundidade do sistema, isto é, quantos passos topológicos são necessários para se acessar determinado ponto do sistema. As linhas mais integradas são aquelas mais "rasas" e as mais segregadas são aquelas mais "profundas", que precisam mais passos para serem acessadas.

Para calcular a profundidade média de cada linha axial, deve-se medir a quantidade de passos topológicos que essa linha precisa dar para alcançar as demais linhas. Para cada linha axial, é calculado o caminho mínimo para os outros espaços, sendo que cada conexão entre linhas eqüivale a uma distância igual a 1. Os resultados são tabulados, permitindo comparar sistemas de diferentes tamanhos e originando, assim, a Real Relativa Assimetria.

Este método, diferentemente dos demais, utiliza a escala humana ao invés da análise dos movimentos veiculares. A análise da configuração da malha urbana também é um importante diferencial deste modelo pois, segundo os autores, a configuração tem efeito sobre o movimento independentemente dos atratores.

O modelo apresentado tem, contudo, algumas limitações. Além de não considerar os atratores, também não permite a análise de vias de mão única ou dupla (no caso de percursos veiculares) e considera os extremos de uma mesma linha com o mesmo valor, independente da condição de integração que possuem.

Além do modelo de sintaxe espacial de Hillier, também merece destaque o modelo de centralidade de Krafta (1994) que insere dados referentes à quantidade de edificações e seus usos. Segundo Krafta (1987, p.21), "as contradições de localização e a contraposição de situações urbanas são as condições constantes para qualquer exame sério da cidade."

Para o autor, a Centralidade é uma propriedade dos espaços públicos, consistindo na capacidade de fazer parte dos caminhos mínimos entre todos os pares de formas construídas de um sistema urbano em particular. (KRAFTA, 1994, p. 70). Sob esta ótica, qualquer edificação é acessível a partir de outra edificação, através de um sistema de espaços públicos, e a distribuição desigual das edificações aliada à configuração, gera a diferenciação espacial.

De acordo com Krafta (1987, p.21), "o desenho urbano se apresenta como a forma mais adequada de tratar e encaminhar o processo de evolução e renovação dos fragmentos urbanos, visto que a sua escala permite a identificação das diversas superposições e interfaces dos componentes e das lógicas de formação do lugar urbano."

Neste modelo, são avaliadas as diferenciações espaciais entre partes da cidade, pois a autonomia das partes não implica na completa independência de cada parte, visto que a prática urbana se rebate sobre parcelas complexas da cidade. (KRAFTA, 1987, p.22). Com este modelo é possível analisar a permeabilidade entre espaços públicos e privados (KRAFTA, 1994), tráfego veicular (BORGES; KRAFTA, 1997) e valor do solo urbano (SPINELLI; KRAFTA, 1998).

O modelo de centralidade permite o entendimento de aspectos relevantes do funcionamento dos sistemas urbanos, fornecendo uma visão refinada da diferenciação espacial inerente aos sistemas urbanos. São consideradas duas variáveis básicas: o traçado viário, representado por linhas axiais (HILLIER; HANSON, 1984) ou por trechos de logradouros e os atratores (edificações).

4. ASPECTOS LOCAIS

Erechim, possui um traçado em grelha cortado por eixos diagonais. Foi projetada em 1914 pelo Engenheiro Carlos Torres Gonçalves, sob os ideais positivistas (a arte a serviço da cultura e da política). Com a criação da praça principal (então Praça Cristóvão Colombo) e a instalação da sede da Comissão de Terras (responsável pela distribuição territorial) em frente a esta praça, criou-se um eixo de circulação de pedestres e veículos de tração animal. Este eixo ainda hoje é o principal da cidade. Isso é verdade ao analisarmos o movimento dos veículos, pois dez dos eixos principais convergem para a praça, de onde os fluxos são redistribuídos. Isso dá-se por dois motivos: a) A sinalização viária atualmente implantada direciona o fluxo de veículos para a praça, pois é o caminho mais rápido para se acessar a qualquer ponto da cidade; b) Existe, na cidade de Erechim, uma tradição de se passar pelo eixo principal (norte-sul) para acessar os outros pontos da cidade, mesmo quando este não é o caminho mais aconselhável do ponto de vista da acessibilidade.

Contudo, ao analisarmos in loco o movimento dos pedestres, observamos que, para estes, a praça em si não é o principal atrator, tornando-se um ponto de passagem eventual. As pessoas chegam ao anel central utilizando-se de meios de transporte (automóveis ou ônibus) cruzando muitas vezes a praça para chegar ao destino desejado.

4.1 A Praça

Para Hillier (1993), as grelhas urbanas parecem ser estruturadas em ordem para criar, pela geração e canalização do movimento, um tipo de campo probabilístico de encontro potencial. No caso de Erechim, como já foi observado, o principal ponto de atração é a praça principal (Praça da Bandeira). Segundo Almeida, "as praças se destacam historicamente como importante elemento do desenho urbano, enquanto componente estrutural de cidades, espaços de representação de grupos e marcos que dão legibilidade ao espaço urbano definindo características, funções e identidades aos lugares." (ALMEIDA, 2001, p. 1024).

Quando da sua implantação, a praça central de Erechim era o local onde os cavaleiros deixavam seus animais para irem à sede da antiga Comissão de Terras. Alguns anos depois, do outro lado da praça foi construído um prédio para abrigar a Prefeitura, Câmara de Vereadores e Cadeia Municipal (prédio este que hoje abriga a sede do Poder Executivo). No entorno da Praça, posteriormente foram construídas duas igrejas, uma escola e o Fórum. Todos estes locais são grandes atratores de veículos e pedestres, influenciando diretamente os fluxos destes. O comércio, desde o início, desenvolveu-se basicamente nas três primeiras quadras da avenida ao norte da praça. Isso deve-se ao fato que era a via de ligação entre a Comissão de Terras e o terminal ferroviário.

Apesar de possuir importantes atratores, o pedestre tem a percepção de que não faz parte do espaço devido à configuração viária do local. Para Kohlsdorf (1989, p.122), o espaço é percebido segundo duas noções: a de relação do corpo com ele e a de ordenação do campo visual do observador. No caso em questão, a relação topológica não é a tradicional quando analisa-se praça e usuário. Esta praça não é um local agradável, de descanso e contemplação, por ter-se tornado um obstáculo aos pedestres.

Devemos ressaltar que "a imagem de uma determinada realidade pode variar significativamente entre observadores diferentes" (LYNCH, 1999 ,p.7). Para o turista, o principal ponto nodal do centro da cidade possui uma legibilidade ímpar. De qualquer ponto pode-se observar a imensa bandeira da praça central, o que facilita a orientação e transmite segurança emocional (LYNCH, 1999, p.5). Contudo, os mesmos turistas que sempre levam consigo a imagem da bela praça central, percebem que o acesso até ela é um desafio. As vias que circundam a praça são uma barreira quase intransponível ao pedestre.

4.2 Os eixos diagonais

Na análise que SE pretende fazer, além da praça principal é importante estudar o porquê que certos eixos tendem a abrigar maior número de atratores que outros, Empiricamente pode-se observar que os eixos com maior movimento de

pedestres também são os com maior movimento de veículos. Isso evidentemente é fundamental na definição dos pontos para instalação de lojas térreas, mas não tem influência direta na implantação de edifícios de escritórios. Na Avenida Presidente Vargas (eixo diagonal a noroeste), onde o fluxo de veículos é quase inexistente, também não há investimentos para a implantação de edifícios de escritórios. Apesar de possuir boa acessibilidade para os pedestres, esta rua parece não possuir vida. O custo dos terrenos é inferior ao dos demais do anel central. Entretanto, há anos que os investimentos no local são praticamente inexistentes.

O mesmo eixo, que do outro lado da praça é chamado de Avenida 15 de Novembro (a sudeste), é o ponto com maior concentração de edifícios de escritórios e onde os investimentos das incorporadoras têm sido constantes. A acessibilidade para os pedestres é piorada em relação à Avenida Presidente Vargas, pois os que dependem de transporte coletivo têm de atravessar a praça para chegar aos escritórios. Contudo é o ponto preferido pelos prestadores de serviços (dentistas, médicos, arquitetos, etc.).

Para o comércio, outro grande atrator do anel central, a preferência é pela instalação no eixo principal. Este preferência tem suas origens no início da cidade, quando os primeiros habitantes instalaram-se nesta via, construindo sobrados e instalando no térreo suas casas de comércio. Esta situação permanece hoje, não apenas por ser um dos acessos mais fáceis para os pedestres, mas principalmente pelo intenso movimento de veículos.

4.3 As vias transversais

Podemos constatar uma grande diferença entre as vias laterais a leste e a oeste do eixo principal. A leste há uma grande concentração de escolas, com intenso fluxo de pedestres. A maioria das agências bancárias e os clubes sociais (construídos na segunda metade do século passado) também localizam-se neste lado. Os pedestres são em geral, de classes média e o comércio é dirigido a este público. Já a oeste, o comércio é dirigido às classes menos favorecidas. Isso deve-se ao fato de que, por muitos anos, a estação rodoviária intermunicipal esteve localizada nesta região, atraindo consumidores das cidades menores, em sua maioria composta por agricultores. Nessa região encontramos ainda hoje várias lojas de produtos destinados à agricultura e pecuária, além de oficinas de consertos de máquinas agrícolas. A estação rodoviária mudou-se há aproximadamente trinta anos, mas as características do entorno pouco foram alteradas. Na segunda quadra a oeste do eixo principal há um grande desnível topográfico, o que dificulta o desenvolvimento do comércio, possuindo características mais residenciais. O fluxo de pedestres cai significativamente neste local.

5. CONCLUSÃO

Com base nas observações feitas in loco, podemos notar uma significativa relação entre as atividades e a permeabilidade do mapa axial na cidade de Erechim. A praça central é o grande atrator, contudo, também é o grande distribuidor de fluxos, funcionando positiva e negativamente.

A integração das vias é fundamental para a concentração de pessoas. O comércio, que depende desta integração, desenvolve-se ao longo destas vias, expandindo-se para onde o sistema viário é facilmente penetrável. Os locais prejudicados pelas condições topográficas absorvem empresas específicas, para onde somente os interessados deslocam-se.

Também observa-se que os pontos de maior concentração de pedestres são os que têm maior concentração de edifícios em altura. Isso deve-se ao fato de que os terrenos nestes locais são mais valorizados devido à localização e às permissividades do Plano Diretor, fazendo com que os incorporadores construam o máximo permitido em lei, aumentando consideravelmente a densidade local.

É evidente que a questão cultural em muito interfere no funcionamento das cidades. Poderíamos comparar o objeto de estudo de caso a Belo Horizonte, cidade que inspirou o planejador de Erechim na elaboração de seu traçado. Ao analisarmos os mapas das duas cidades, encontramos semelhanças significativas. Contudo, ao percorrer as ruas destas cidades, vemos que as semelhanças limitam-se ao traçado viário. As particularidades são evidentes, pois as características históricas, os atratores e os percursos de pedestres e veículos são distintos.

Com base na análise das características físicas e da distribuição dos fluxos no objeto do estudo de caso, conclui-se que um modelo urbano para a análise desta cidade deve, obrigatoriamente, levar em conta estes fatores.

Os modelos configuracionais tradicionais como o de Alonso, onde a localização das atividades é relacionada ao valor da terra, ao custo dos transportes e à renda dos cidadãos poderia ser empregado mas, nestes casos, as zonas são tratadas homogeneamente, não havendo interação entre zonas lindeiras. Assim sendo, os modelos microeconômicos e os modelos de interação espacial são insuficientes para a análise por não acompanharem a dinâmica das cidades.

Os modelos de sintaxe espacial são os que mais se adaptam à realidade de Erechim. Os estudos a partir dos mapas axiais fornecem importantes subsídios à análise. Contudo, no modelo de Hillier a configuração do grid urbano é a principal geradora de padrões de movimento mas, no caso de Erechim, observa-se empiricamente que, apesar de a cidade possuir um traçado regular, são grandes as diferenças entre os eixos que partem da praça principal. Este modelo também não considera dos atratores, diferencial fundamental no objeto de estudo.

Portanto, o mais adequado parece ser o modelo de centralidade de Krafta. Neste modelo, além da análise das linhas axiais, são consideradas as interferências dos atratores. A principal dificuldade no caso da aplicação deste (e dos outros) modelos é a falta de dados disponíveis.

No caso de Erechim, os dados disponíveis na prefeitura e no IBGE utilizam o terreno como base. No caso das edificações, estas estão cadastradas pelo nome do proprietário, dificultando ainda mais sua localização. Para a elaboração de um estudo desta natureza, deveria inicialmente ser feito um levantamento in loco aliado aos poucos dados disponíveis.

Ressalta-se que para este estudo identificou-se dificuldade relativa à carência de dados e a consequente conversão destes para o formato necessário para a entrada no modelo. Neste sentido, o SIG, com sua capacidade de manipulação de dados espaciais, pode auxiliar na conversão dos dados, e gerar automaticamente as tabelas alfanuméricas necessárias ao modelo de Centralidade. Também poderia ser utilizada, se estivesse disponível, sistemas de informações geográficas. Para Saboya e Cattoni, "o potencial isolado de cada um destes ehementos – cadastro, modelos urbanos e sistemas de informações geográficas – pode ser ampliado se considerarmos o potencial de uma ferramenta que realmente os Integre. Eles se complementam, visto que as limitações de cada um são exatamente os pontos fortes dos outros. " (Saboya & Cattoni, 2000)

A aplicação dos modelos configuracionais é uma ferramenta fundamental para o planejamento urbano, pois agrega vários elementos da cidade. Para isso é importante que, não só no caso de Erechim, mas em todas as cidades, haja maior investimento e controle no levantamento de dados para que os planejadores urbanos possam utilizar-se das ferramentas disponíveis, projetando as cidades para o futuro.

6. REFERÊNCIAS

Almeida, R. C., 2001. *Paisagem e espaço público: um estudo sobre duas praças de Belo Horizonte*. In Anais do IX Encontro Nacional da ANPUR, Rio de Janeiro, Brasil.

Borges, L., Krafta, R. 1997. *Configuração espacial e tráfego veicular*. In Anais do VII Encontro Nacional da ANPUR, Recife, Brasil.

Breitbach, Á. C. M., 1988. *Estudo sobre o conceito de região*. Porto Alegre, Brasil. n.13

Hillier et al., 1993. *Natural movement: or configuration and attraction in urban pedestrian movement*. Environment and Planning B. London, England. n. 1, Vol. 20

Hillier, B.; Hanson, J, 1984. *The Social Logic of Space*. Cambridge: Cambridge University, London. England.

Krafta, R., 1994. *Modelling intraurban configurational development*. Environment & Planning B, vol. 21, p.67-82.

Krafta, R., 1987. *Desenho urbano e regulamentação urbanística*. In Anais do II SEDUR – Seminário sobre desenho urbano no Brasil. São Paulo: Pini, 2. ed.

Kohlsdorf, M. E., 1989. *Considerações sobre a análise de desempenho morfológico através de dimensões plásticas*. In Anais do III Encontro Nacional da ANPUR. Águas de São Pedro, vol.2.

Lynch, K., 1999. *A imagem da cidade*. São Paulo: Martins Fontes.

Saboya, R. T., Cattoni, E. L., 2000. *A utilização do cadastro para análises urbanas avançadas em um Sistema de Informações Geográficas*. In COBRAC · Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário · UFSC Florianópolis. <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/ARQUIVO/Cobrac_2000/259/259.htm>

Spinelli, J. e Krafta, R., 1998. Configuração espacial e distribuição do valor do solo urbano. In Cadernos IPPUR. Rio de Janeiro, ano XII, n. 2.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material publicado neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO PROCESSO DE PARTICIPAÇÃO POPULAR NO BRASIL

Ivana Karine Aver
Francisco Luiz Pinto
URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Uri Campus de Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621, bairro Fátima.
ivanakarine@yahoo.com.br
francisco.pinto@uri.com.br

Resumo. *O propósito deste estudo foi analisar a evolução das políticas no âmbito nacional a partir do início do período republicano. Observa-se que em determinados momentos da história recente, a participação popular influenciou diretamente a tomada de decisões de cunho social, impactando nas questões urbanas e regionais. A participação popular, quando possível e permitida pelos governos federais, colaborou na formação de políticas públicas voltadas à melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores e demais cidadãos brasileiros, colaborando positivamente para o desenvolvimento do país.*

Palavras-chave: *planejamento urbano, planejamento regional, sociologia urbana, participação popular, história.*

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho analisa a evolução dos governos federais a partir da Proclamação da República. O Brasil, desde então, teve períodos de controlada abertura e de extreme autoritarismo. Com estas seguidas alterações no quadro politico, a participação popular foi por vezes meramente formal. Durante o período ditatorial observou-se que a sociedade brasileira apresentou, do ponto de vista da sociologia urbana, paralização e, talvez, até retrocesso, visto que a participação popular foi restrita. Após a reabertura política as massas populares voltaram a ter voz, sendo que atualmente a participação popular é obrigatória para as decisões urbanísticas dentro dos preceitos do Estatuto da Cidade.

2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA – PERÍODO PÓS PROCLAMAÇÃO DA REPÚBLICA

Após o fim do poder absoluto de Portugal e da Regência, foi consolidada no Brasil, em 1840, a Monarquia Parlamentar. Neste período houve uma democracia "parcial", pois as classes menos abastadas tinham sua participação quase que inexistente e os escravos não eram sequer considerados. "A Primeira República (1889-1930) substituiu a velha elite imperial pelo poder das oligarquias dos grandes Estados – sobretudo Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul - que se alternavam no poder sob a influência crescente dos militares." (SCHWARTZMAN, 200?)

Neste período, a participação popular era basicamente restrita aos movimentos culturais. A Semana de Arte Moderna de 1922 foi um marco na modernização da cultura brasileira. Para Mario de Andrade (1942), "O modernismo no Brasil foi uma ruptura, foi um abandono consciente de princípios e de técnicas, foi uma revolta contra a Inteligensia nacional." Andrade afirmou, contudo, que "O movimento de Inteligensia que representamos, em sua fase "modernista" não foi o gerador das mudanças político - sociais posteriores a ele no Brasil. Foi essencialmente um preparador, o criador de um estado de espírito revolucionário." (ANDRADE, 1942)

Em 1929 a economia nacional sofreu um duro golpe com o colapso da Bolsa de Valores de Nova Iorque. Esta crise atingiu duramente a economia cafeeira do Brasil. Os "Barões do Café", que até então eram muito influentes na política, faliram, assim como seu poder. Neste mesmo ano foi criada a Aliança Liberal, em oposição ao candidato à presidência do governo Júlio Prestes. Este movimento lançou os Candidatos Getúlio Vargas e João Pessoa e teve o apoio das camadas médias urbanas da população. Júlio Prestes venceu a eleição, considerada para muitos fraudada. Em novembro de 1930, o governo é passado às mãos de Getúlio Vargas. Durante o segundo Governo Provisório da República, de 1930 a 1934, comandado por Getúlio Vargas, houve a emergência da classe trabalhadora urbana e dos movimentos políticos de massa. Segundo Weffort (1980, p.48), durante esse período a classe média urbana foi o grupo mais importante na pressão para a derrubada da oligarquia. Entretanto, esse mesmo autor destaca que "depois de 1930, [...], estabelece-se uma solução de compromisso de novo tipo, em que nenhum dos grupos participantes do poder (direta ou indiretamente) pode oferecer as bases da legitimidade do Estado: as classes médias porque não possuem autonomia

política frente aos interesses tradicionais em geral, os interesses cafeeiros porque foram deslocados do poder sob o peso da crise econômica , os setores menos vinculados à exportação porque não se encontravam vinculados aos centros básicos da economia." (WEFFORT, op. cit., p.50)

Seu governo foi contestado pela "Revolução Constitucionalista" no Estado de São Paulo, em 1932. Durante três meses as forças rebeldes lutaram contra as forças legalistas. Em São Paulo estava a mais importante base política da Primeira República, transformando-se, aos olhos dos membros do Governo Provisório, num potencial foco oposicionista. Devido a isso, Getúlio Vargas foi pressionado por lideranças civis e militares para que indicasse um interventor e um comandante da Força Pública para gerir o Estado, não deixando o governo nas mãos do Partido.

Com este ato, iniciou-se uma campanha de mobilização da sociedade paulista. "A palavra de ordem era a imediata reintegração do país em um regime constitucional. Essa reivindicação era rechaçada pelos "tenentes", interessados em manter um governo discricionário para promover mais facilmente as mudanças que consideravam necessárias.

Esta revolução, apesar de não ter tido sucesso, deixou uma importante marca política devido à mostra de força e organização das classes participantes, principalmente estudantes, intelectuais, industriais, políticos de oposição e a classe média urbana.

Em 1937, com a promulgação de uma nova Constituição Federal, a "Polaca", iniciou-se o Estado Novo. Getúlio foi então considerado um ditador pelo fechamento do Congresso. Neste período foram extintos os partidos políticos e censurados os meios de comunicação. A população não podia emitir qualquer opinião contra o governo, pois era considerada uma prática ilegal. Com a promulgação da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, em 1943, Getúlio objetivava conquistar os trabalhadores, neutralizando as ações contrárias ao seu governo.

Este período coincidiu com a Segunda Guerra Mundial. A partir de 1942, foram estreitadas as relações entre o Brasil e os Estados Unidos, sendo que o Brasil, em troca de empréstimos e tecnologia, apoiou os países do Eixo na guerra. No mesmo ano, foi enviada à Itália a Força Expedicionária Brasileira. A luta contra o fascismo europeu serviu como estopim para a luta contra o Estado Novo.

Getúlio foi deposto em 29 de outubro de 1945, quando tropas do exército cercaram o Catete e obrigaram-no a renunciar. Foi substituído pelo Ministro José Linhares.

No ano seguinte Eurico Gaspar Dutra assumiu o poder. Nesse mesmo ano foi promulgada uma nova Constituição, assegurando eleições diretas e manutenção de direitos trabalhista conquistados durante o governo de Vargas. Com isso restabeleceu-se a democracia no país. Entretanto, na prática nunca houve a "conciliação social" proposta no governo de Dutra. "A presença popular é sem dúvida o fato político novo da etapa democrática que se inicia em 1945." (WEFFORT, 1980, p. 76) Com liberdade de expressão, a população ficou inquieta e, naquele momento, somente uma pessoa era capaz de controlá-la.

Assim, Getúlio Vargas voltou ao poder em 31 de janeiro de 1951, eleito pelo voto direto. "Durante sua gestão, para ampliar a base eleitoral, o presidente aprofundou sua política de benefício à classe trabalhadora, incomodando mais uma vez as elites, temerosas com a maior participação popular, com as manifestações de rua." (FOLHA, 2002) Nesse período sofreu forte oposição e não conseguiu o apoio necessário para realizar as reformas que desejava. Getúlio acabou suicidando-se em 24 de agosto de 1954.

No período subsequente o país foi governado por Café Filho, Carlos Luz e Nereu de Oliveira Ramos.

Em 1956 foi eleito, também pelo voto direto, Juscelino Kubitschek de Oliveira. Seu governo caracterizou-se por beneficiar a burguesia e a classe média alta, pois eram estes os que tinham poder aquisitivo para comprar os bens de consumo produzidos pelas novas empresas. O custo de vida aumentada a cada dia, e com isto a inflação teve picos incontroláveis. Também foi um período de migração, com nordestinos buscando novas oportunidades (muitas vezes inexistentes) na região centro-sul e, especialmente em São Paulo. Estes problemas, dentre outros, ajudaram a fortalecer a base oposicionista, acarretando na vitória de Jânio Quadros, que assumiu o poder em 1961. De acordo com Weffort (1980, p.76), Jânio foi o único líder que não estava vinculado aos ideais do populismo de Vargas.

Jânio Quadros renunciou após oito meses de governo. Após vários governos provisórios, João Goulart assumiu o poder em 7 de setembro de 1961. Este período foi marcado por importantes conquistas trabalhistas. No ano de sua posse, a Confederação Nacional dos Trabalhadores na Indústria e o Pacto de Unidade e Ação convocou uma greve reivindicando melhoria das condições de trabalho, conquistando na ocasião o 13º salário para os trabalhadores urbanos. No mesmo ano os trabalhadores rurais realizaram o 1º Congresso Nacional de Lavradores e Trabalhadores Agrícolas, exigindo reforma agrária e CLT (Consolidação das Leis de Trabalho) para os trabalhadores rurais. No ano seguinte muitos destes grupos criaram sindicatos rurais.

Dentro de um cenário político conturbado, Jango foi deposto pelo golpe militar em 1° de abril de 1964.

3. EVOLUÇÃO HISTÓRICA – PERÍODO DITATORIAL

Neste período, a ampliação da democracia aparece na Europa com o peso de uma necessidade histórica que, em muitos aspectos, expressa a dinâmica das condições em que se desenvolve a economia industrial. O processo da industrialização européia criou ele próprio, na medida do seu próprio desenvolvimento, a mão-de-obra que necessitava, e nas condições em que necessitava. Deste modo, a incorporação das massas de trabalhadores ao processo político se

associa em ampla medida à sua participação de homens livres na produção e esta sua condição de produtor livre, é em última instância, suporte de sua liberdade política. (WEFFORT, 1980, p. 109)

Contudo, ao contrário do que acontecia na década de 60 na Europa e nos Estados Unidos, onde já eram dados os primeiros passos no planejamento participativo, no Brasil, em função da ditadura militar, os cidadãos tiveram sua voz calada, por vezes de forma violenta.

O período da ditadura viveu a clara tentativa do Estado de empurrar a cidadania para a lógica do individualismo e do isolamento dos indivíduos em categorias estanques: "estudante estuda", "trabalhador trabalha", "professor ensina", etc. A condição de patriota era atribuída oficialmente a uns poucos, quando não apenas a uma categoria de servidores: os militares. Os outros eram todos suspeitos de práticas chamadas subversivas, quando não declarados como inimigos internos, dentro da tática de reconhecer um estado de guerra interno, na aplicação da doutrina da segurança nacional. (JUNIOR, ?)

Durante do governo do Marechal Castello Branco, que iniciou em 1° de abril de 1964, várias medidas foram tomadas no sentido de reprimir a população. Em 18 de outubro a polícia militar invadiu e fechou a Universidade de Brasília. O Congresso, pressionado, deu poderes à justiça militar para julgar civis por crimes políticos. Em 1966 Castello Branco fechou o Congresso. Sua reabertura deu-se para oficializar a nova Constituição e institucionalizar o regime ditatorial.

Em 15 de março de 1967 assumiu o poder o Marechal Arthur da Costa e Silva, tendo governado até 31 de agosto de 1969, quando foi afastado por motivos de saúde.

O início de seu governo foi marcado por ondas de protestos em todo o país. Com as demonstrações de revolta popular foi acirrada a repressão. Os estudantes eram os principais representantes do desejo popular por democracia nas grandes cidades brasileiras. A partir de 1968, todas as capitais estaduais e alguns outros municípios estratégicos tiveram seus prefeitos nomeados diretamente pelo Presidente da República.

Neste mesmo ano a França efervescia numa “revolução” cultural-sexual. Os estudantes iam às ruas protestar enfrentando a polícia. Praga foi invadida por tanques russos. O Vietnã foi bombardeado pelos Estados Unidos. No México, dez dias antes do início dos jogos olímpicos, dezenas de estudantes foram mortos durante um protesto contra o governo. O mundo estava em conflito.

No Brasil foi promulgado o AI-5 que, dentre outras medidas, previa a pena de morte para crimes políticos, prisão perpétua, fim das imunidades parlamentares e transferência de inúmeros poderes do Legislativo para o Executivo. Ainda concedeu ao Exército o direito de determinar medidas repressivas específicas, como decretar o recesso do Congresso, das assembléias legislativas estaduais e das Câmaras municipais, censura aos meios de comunicação, cassação de mandatos e anulou direitos individuais.

Com o derrame cerebral sofrido por Costa e Silva em 1969 e com a proibição, pelos militares, da assunção ao poder do vice-presidente, o país passou a ser governado por uma junta militar.

O General Emílio Garrastazu Médici assumiu a Presidência em 30 de outubro de 1969, tendo governado até 15 de março de 1974. Seu Governo ficou conhecido como "os anos negros da ditadura". A repressão silenciou os movimentos estudantis e sindicais. Os DOI-CODIs, órgãos governamentais criados para reprimir os esquerdistas, foram muito atuantes nesse período, seqüestrando e por muitas vezes matando os “rebeldes”. Grupos revolucionários armados surgiram por todo o país. Dentre as guerrilhas, merece destaque a do Araguaia, que durou de 1972 a 1975.

Como forma de canalizar e controlar, de modo paternalista, as manifestações populares emergentes na década de 70, a ditadura implantou os chamados Centros Sociais Urbanos, que serviram como plantio, ainda que de duvidosas sementes. Foi uma medida que, sendo contra, tornou-se a favor, uma vez criados como mecanismos de controle e, no entanto, acabaram sendo transformados em um espaço para o exercício, ainda que precário, da prática da participação. (MURTA, ?)

Em 15 de março de 1974 tomou posse o General Ernesto Geisel, tendo sido eleito através do voto indireto. A inflação e a crise do petróleo ameaçavam a economia brasileira. A oposição fortaleceu-se e, no intuito de neutralizá-la, em 24 de junho de 1976 foi promulgada a Lei Falcão, proibindo o debate político nos meios de comunicação. Esta medida não eliminou a oposição e, com a provável derrota nas eleições de 78, o Presidente Geisel fechou o Congresso por duas semanas em 1977. Neste ano decretou o “Pacote de Abril”, alterando as regras eleitorais. Com isso garantiu maior poder aos Estados do Norte e do Nordeste, controlados pela Arena, diminuindo a participação do Sul e Sudeste, que tinham maior número de votos e maior força oposicionista.

A medida garantiu a eleição do candidato do governo, General João Baptista Figueiredo. Entretanto, o aumento das forças oposicionistas garantiu o processo de abertura política no país. Em agosto de 1979 foi aprovada a “Lei da Anistia”, que garantia de forma parcial a liberdade política. Em novembro foi aprovada a “Lei Orgânica dos Partidos”, que extinguiu a ARENA e o MDB e restabeleceu o pluripartidarismo.

4. EVOLUÇÃO HISTÓRICA – A REDEMOCRATIZAÇÃO

Em novembro de 1983, o Partido dos Trabalhadores, composto não só por trabalhadores das fábricas paulistas, mas também por membros de sindicatos rurais e urbanos, intelectuais, membros dos movimentos eclesiais de base e setores esquerdistas do MDB, iniciou a luta pela eleição presidencial direta. Este ato, representante do movimento conhecido

como “Diretas Já” marcou profundamente as manifestações populares, sendo até hoje o maior símbolo de manifestação da vontade popular brasileira. Ulysses Guimarães foi seu mais popular defensor, tendo ficado conhecido como o “Senhor Diretas”. Apesar das grandes manifestações populares, a Emenda Dante de Oliveira, que garantia a eleição direta para Presidente da República não foi aprovada no Congresso.

Na eleição seguinte concorreram Tancredo Neves, então Governador de Minas Gerais, apoiado por Ulysses Guimarães, e Paulo Maluf, candidato do governo. O PT considerou as eleições uma farsa, negando-se a participar. Tancredo foi eleito, sendo o primeiro presidente civil após 21 anos de ditadura.

Tancredo Neves teve o apoio da população, mas foi internado na véspera de sua posse. Assim, assumiu interinamente seu vice, José Sarney. Tancredo faleceu no dia 21 de abril e Sarney assumiu efetivamente. A morte de Tancredo comoveu o país. As esperanças da população estavam representadas na sua pessoa. Seu vice, entretanto, não contava com a simpatia das grandes massas populares.

Sarney governou a “Nova República” (expressão criada por Ulysses Guimarães) até 1990. Neste período os municípios considerados de segurança nacional voltaram a ter eleições diretas para prefeitos. A mesma emenda permitiu o voto dos analfabetos e maiores de 16 anos, extinguiu a fidelidade partidária e convocou uma nova Constituinte.

Em 1° de fevereiro de 1987, sob a presidência do então Deputado Federal Ulysses Guimarães, começou a ser elaborada a nova Constituição. Pela primeira vez na história brasileira foram aceitas emendas populares, que deveriam ser apresentadas por, no mínimo, três entidades associativas e contar com pelo menos três mil assinaturas de eleitores. Foi promulgada em outubro de 1988, tendo 254 artigos e 70 disposições transitórias. A nova constituição fixou os direitos e deveres individuais e coletivos, limitou a jornada de trabalho em 44 horas semanais, criou o seguro-desemprego, a multa de 40% sobre o valor total do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS - para as demissões sem justa causa, ampliou a licença-maternidade para 120 dias e concedeu licença-paternidade, fixada posteriormente em cinco dias. Foi proibida a interferência do Estado nos sindicatos e assegurado o direito à organização sindical para os funcionários públicos, bem como a realização por estes de greves, exceto nos casos de serviços essenciais à população. Por estes motivos e outros que garantiram a liberdade dos brasileiros, esta constituição ficou conhecida como a “Constituição Cidadã”.

“Os anos 80, no Brasil, foram décadas de glória do conceito de cidadania, quando aparentemente todas as forças políticas envolvidas na transição da ditadura militar pretendiam promover o “resgate da cidadania.” (BAIERLE, ?)

Em 1989, pela primeira vez desde o início da ditadura militar em 1960, houve eleição direta para Presidente da República, conforme determinado pela Constituição de 88. O eleito em segundo turno, derrotando o candidato do PT Luiz Inácio Lula da Silva, foi Fernando Collor de Mello. Jovem e conhecido como o “caçador de marajás” devido às suas atividades quando Governador de Alagoas, conquistou a simpatia da população e dos empresários prometendo o fim da inflação, a moralização política e a modernização econômica.

Em 15 de março de 1990, apenas um dia após sua posse, lançou o “Plano Collor”, confiscando poupanças e congelando preços e salários. Entretanto, as medidas adotadas não tiveram o efeito esperado. A inflação não terminou e a recessão aumentou consideravelmente. No ano seguinte começaram a surgir denúncias de corrupção no governo através dos meios de comunicação. Em 1992 Pedro Collor, irmão do Presidente, denunciou em uma entrevista à Revista Veja o esquema PC, dirigido pelo empresário Paulo Cesar Farias. Este era amigo íntimo do Presidente e tesoureiro de sua campanha à presidência. Em maio do mesmo ano, o Congresso instaurou uma Comissão Parlamentar de Inquérito – CPI - a fim de apurar as denúncias de tráfico de influências e irregularidades financeiras. Neste momento ressurgiram os movimentos estudantis pedindo o impeachment de Collor. Por todo o país o povo bradava clamando pela sua renúncia. Com a comprovação das denúncias e atendendo às pressões populares, o Congresso Nacional afastou o Presidente e cassou seus direitos políticos por oito anos. Juntamente com o movimento “Diretas Já”, o movimento “Fora Collor” é considerado um dos principais marcos da participação popular na política brasileira.

Com o afastamento de Fernando Collor de Mello, assumiu o vice-presidente Itamar Franco, gerindo o país até 31 de dezembro de 1994.

Inicialmente marcado para 7 de setembro de 1993 e antecipado para 21 de abril de 1993, a Constituição de 1988 determinou que fosse feito um plebiscito para decidir sobre a forma de governo (república ou monarquia constitucional) e sobre o sistema de governo (presidencialista ou parlamentarista). O resultado foi a manutenção do regime republicano e presidencialista.

Neste mesmo ano o então Ministro da Economia Fernando Henrique Cardoso anunciou o “Plano Real”, implantado no ano seguinte.

O índice de popularidade de Itamar Franco foi um dos mais altos da República, sendo que conseguiu eleger, através do voto direto e já em primeiro turno, seu sucessor: o então Ministro Fernando Henrique Cardoso, derrotando Luiz Inácio Lula da Silva. FHC usou o Plano Real para ser eleito, pois era chamado de “Pai do Real”. A estabilização da moeda e a proposta de reforma da constituição foram seus pilares de campanha.

Em 1995, ano de sua posse, o Presidente ampliou sua base no Congresso e com isso conseguiu a aprovação de diversas Emendas Constitucionais, dentre as quais se destacam a quebra dos monopólios do petróleo e das telecomunicações.

Com a continuidade dada ao Plano Real houve o controle da inflação. Contudo, a recessão econômica atingiu todo o país, causando demissões e quedas de consumo.

Fernando Henrique foi reeleito, também em primeiro turno e também derrotando Lula, no final de 1998, dando assim continuidade ao seu plano de governo e ao Plano Real.

Destaca-se o fato que, em 2001 foi aprovada a Lei Federal 10.257, que ficou conhecida como Estatuto da Cidade. Nela é feita menção à realização de audiências públicas e participação da população em todas as etapas vinculadas ao planejamento urbano e regional.

Em 2002, com a proximidade da eleição para Presidente da República, foi lançada a candidatura do então Ministro da Saúde José Serra, apoiado por FHC. Todavia, desta vez a população entende que era hora de mudança e elegeu Luiz Inácio Lula da Silva.

Lula era o protótipo do representante popular. Trabalhou como torneiro-mecânico em fábricas do ABC paulista e entrou na atividade sindical em 1966, durante o regime militar. Participou da fundação do Partido dos Trabalhadores sendo hoje seu Presidente de Honra. Suas propostas políticas, que no embate com Collor eram radicais e de extrema esquerda, foram suavizadas e voltadas mais ao centro. Já na quarta campanha presidencial, seu discurso foi voltado à conciliação e à negociação. A campanha desta vez teve a organização do maior marqueteiro político do Brasil, Duda Mendonça. Com o uso de estratégias de marketing Lula conseguiu conquistar votos em todas as camadas da sociedade.

Assim como Fernando Henrique, Lula conseguiu articular o apoio da maioria do Congresso Nacional a fim de viabilizar a aprovação de suas propostas. Com isso conseguiu a tão esperada reforma tributária. Entretanto, uma de suas principais promessas do primeiro governo não se cumpriu: a criação de dez milhões de empregos. Ao contrário, o país tem convivido, nos últimos anos, com os maiores índices de desemprego da história. Por outro lado, o número de cidadãos miseráveis tem diminuído, em grande parte graças às ajudas recebidas do governo federal. Por este motivo principalmente, o governo Lula tem bons índices de aceitação na população, em especial nas classes menos favorecidas, o que foi comprovado pelo resultado das eleições de 2006. Dado seu sucesso, reelegeu-se e ainda elegeu sua sucessora, Dilma Rousseff. Este período foi marcado pelo incentivo à moradia própria. Milhares de casas populares foram construídas com auxílio do governo federal através do uso de recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço. Contudo, apesar de todos os esforços, atualmente ainda há um grande deficit habitacional para cidadãos da Faixa 1, isto é, para os que têm renda familiar mais baixa e, portanto, com menos condições de arcar com as despesas de um financiamento haitacional.

5. CONCLUSÃO

Dentro do contexto apresentado, observa-se que desde o início do período republicano o país tem sofrido constantes alternâncias de poder. Estas mudanças, benéficas ou não para a sociedade, são influenciadoras da questão urbanística.

Nos períodos de baixa participação popular, que tiveram seu ápice no período militar, a população ficou à mercê de decisões unilaterais, sem o poder de opinar sobre os rumos de seu país. Após a abertura democrática, lentamente a população voltou a ter voz, o que culminou com a aprovação do Estatuto da Cidade em 2001.

Desde então, as decisões têm cada vez maior enfoque social e prova disso é o investimento realizado nos últimos anos em habitação popular que, apesar de não ter eliminado o deficit, reduiu-o sensivelmente

6. REFERÊNCIAS

Andrade, Mário de. *O Movimento Modernista*. Publicado originalmente no jornal O Estado de S. Paulo por ocasião do 20.º aniversário da Semana de Arte Moderna, em 1942. Disponível em http://www.asemanade22.hpg.ig.com.br/. Acesso em 21 de março de 2004.

Baierle, Sérgio. *A experiência brasileira de orçamento participativo (OP): O Caso de Porto Alegre*. Disponível em http://www.ongcidade.org/site/noticias/noticias _completa.php?idNoticias=82

_____ *Cidadania e Poder*. Disponível em http://www.ongcidade.org/site/arquivos/artigos/ Artigo%20Cidadania%20e%20Poder3fe1e6e1cdac3.doc. Acesso em 21 de março de 2004

Folha On Line. *História – 1951 – Getúlio Vargas. "Saio da vida para entrar na história*. Disponível em http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2002/eleicoes/historia-1951.shtml. Acesso em 23 jun. 09

Murta, Anamaria Sant'Anna. *O Estatuto da Cidade e a Participação Popular*. Disponível em http://ipd.unijui.tche.br/ipdcidadania/artigo14.html

Schwartzman, Simon. **Oposição.** Artigo. Disponível em http://www2.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/consnac/ orgpol/oposicao/apresent.htm. Acesso em 23 jun. 09

Weffort, Francisco Correia. *O Populismo na Política Brasileira*. 2.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1980.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material publicado neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

REFLEXÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA DOS ASSESSORAMENTOS NO ENSINO DE PROJETO ARQUITETÔNICO

Jessica Andrade Michel
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus de Erechim.
arq.jessicamichel@gmail.com

Resumo: *Esta reflexão versa sobre a importância dos assessoramentos no ensino das disciplinas de projeto arquitetônico, demonstrando as dificuldades encontradas por acadêmicos e professores, questões como importância das diferentes opiniões, maturidade dos acadêmicos e formas de assessoramento são discutidas, chegando à conclusão que a implantação de uma disciplina de psicologia no currículo do curso de arquitetura poderia contribuir não só para o melhoramento da relação entre aluno e professor, mas também auxiliaria o acadêmico compreender questões que se apresentarão em sua vida profissional. A universidade também poderia ter um papel significativo na melhoria dos assessoramentos e se possível, fornecer treinamento adequado aos professores arquitetos para lidarem com questões exclusivas do meio acadêmico.*

Palavras-chave: *Palavras chave: Assessoramento, Ateliê de projeto, visões diferentes.*

1. INTRODUÇÃO

Tema constante de reuniões de colegiado no curso de Arquitetura e urbanismo e em conversas acadêmicas, o assessoramento de projeto arquitetônico sempre é o centro das atenções. A forma como é conduzido durante o semestre, o fato de gerar tantas alterações no projeto e até mesmo sua necessidade são alguns dos questionamentos que surgem no meio acadêmico. A convivência com opiniões divergentes, a falta de interesse em receber orientação e o medo de ter seu trabalho inteiramente modificado são as principais dificuldades relatadas pelos acadêmicos, o que por vezes gera vários conflitos entre os docentes e os estudantes. A dificuldade de aceitar opiniões divergentes ocorre em todos os semestres, principalmente em projeto de arquitetura I, onde o acadêmico é apresentado a este tipo de dinâmica.

O curso de Arquitetura e urbanismo pertence à área de conhecimento identificada como ciências sociais aplicadas, em seu currículo o acadêmico visa uma formação técnica, porém muito voltada ao bem estar das pessoas. O curso também possui forte corrente que direciona o acadêmico às artes, mas a abordagem principal está sempre relacionada ao aprendizado do projeto arquitetônico.

2. CURSO DE ARQUITETURA E SEU MODELO PEDAGÓGICO

De acordo com a Resolução CNE/CES nº 2 de 17 de junho de 2010 que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, a graduação deverá assegurar a formação de profissionais generalistas, capazes de compreender e traduzir as necessidades de indivíduos, grupos sociais e comunidade, com relação à concepção, à organização e à construção do espaço interior e exterior, abrangendo o urbanismo, a edificação, o paisagismo, bem como a conservação e a valorização do patrimônio construído, a proteção do equilíbrio do ambiente natural e a utilização racional dos recursos disponíveis.

Já em relação a ao desenvolvimento específico da disciplina de projeto arquitetônico é possível destacar que:

> O modelo pedagógico do curso de arquitetura privilegia o desenvolvimento autonomo do estudante. Projetar é um aprendizado que se faz num processo de experimentação, criando, testando e avaliando resultados. A proposta de ensino das disciplinas de projeto arquitetônico baseia-se em modelos que permitem aos alunos o comprimento de etapas, segundo um cronograma e intenso assessoramento de suas propostas. (KOTHER et. Al, 2006).

A disciplina de projeto Arquitetônico possui uma dinâmica diferente das demais disciplinas oferecidas pelo curso, por vezes a realidade acadêmica é confrontada, é nessa etapa que o método passivo de ensino transforma-se em metodologia ativa. Conforme Koehler (2012) o acadêmico precisa assumir um papel cada vez mais ativo, não sendo mais apenas um mero receptor de conteúdos, mas deve buscar efetivamente conhecimentos relevantes aos problemas e aos objetivos da aprendizagem.

São nas disciplinas de projeto que o acadêmico inicia sua identificação com a futura profissão. Neste contexto, o professor da disciplina precisa incentivar que o acadêmico desenvolva um novo perfil, que possua as seguintes características fundamentais: iniciativa criadora, curiosidade científica, espírito crítico reflexivo, cooperação para o trabalho em equipe, capacidade para autoavaliação, senso de responsabilidade, ética e sensibilidade.

Koehler (2012), salienta ainda que:

> A aprendizagem deve ser significativa, quer dizer, o ato de aprender deve ser, constantemente, um processo de reconstruções que permita diferentes tipos de relações entre fatos e objetos, tendo em vista a utilização dos saberes em diferentes situações. Promover a aprendizagem significativa, exige, em primeiro lugar, uma metodologia de ensino que seja capaz de envolver o aluno enquanto protagonista de sua aprendizagem, desenvolvendo ainda o senso crítico diante do que é aprendido, bem como competências para relacionar esses conhecimentos ao mundo real. Tal processo parece tornar-se possível com a utilização do que denominamos por metodologias ativas de aprendizagem.

Esta formação é de extrema importância, pois é necessário considerar, que a graduação dura somente alguns anos, enquanto a atividade profissional pode permanecer por décadas e que os conhecimentos e competências vão se transformando velozmente, torna-se essencial pensar em uma metodologia para uma prática de educação libertadora, na formação de um profissional ativo e apto a aprender a aprender (MITRE, 2008).

2.1 Assessoramento e opiniões divergentes

Com intuito de contribuir com a aprendizagem acadêmica visando a estratégia de aprendizado ativo a maioria dos cursos de arquitetura disponibiliza um professor a cada 15 acadêmicos para que estes possam prestar um auxílio adequado aos alunos. Os assessoramentos consistem em auxiliar o acadêmico no desenvolvimento de determinada atividade proposta no semestre, é neste momento que os professores devem ser vistos como consultores que são especialistas em determinado tema e que prestam aconselhamento e assistência sobre a sua área de experiência.

A crença de que obteve a solução adequada para o programa proposto é um dos fatores que fazem com que o acadêmico fique relutante em buscar o assessoramento e eventualmente modificar sua ideia inicial. Isto ocorre muitas vezes pelo fato de que o acadêmico se identifica com seu projeto e utiliza sua bagagem cultural para a tomada de decisões, em um primeiro momento o acadêmico possui como referência apenas o meio em que está inserido, trazendo para o projeto arquitetônico experiências agradáveis que teve na infância, onde se identificava com uma determinada moradia porque ela lhe trazia a sensação de segurança por exemplo. O fato é que muitas dessas edificações não tiveram acompanhamento profissional na sua concepção o que influencia diretamente na funcionalidade da mesma, prejudicando assim a configuração arquitetônica de seu primeiro projeto.

A vivência de experiências é extremamente importante para a construção de uma bagagem arquitetônica pelo indivíduo. O conhecimento é construído socialmente, a partir das possibilidades de interações entre os sujeitos e os ambientes físico e social onde são inseridos. Não só a escola, mas todo o ambiente ensina – e aprender significa criar a cultura (BARBOSA; HORN, 2008).

Neste momento é que os professores devem interferir e orientar o acadêmico a buscar referências arquitetônicas com padrão de funcionalidade mais elevado. A compreensão de que o projeto arquitetônico não é projetado para si mesmo só vem com o tempo e com a prática da atividade de projetar, sempre será necessário atender ao programa de necessidades, os tamanhos adequados para cada ambiente e a disposição correta dos mesmos.

No início do curso de arquitetura, o acadêmico não está apto a projetar, por este motivo, o auxílio do professor é tão importante, ajudar o aluno a chegar a uma solução adequada de projeto é a principal função do docente, porém orientar o acadêmico a realizar pesquisas de estudo de caso com a temática de seu projeto complementam a atividade e facilitam o entendimento entre professor e aluno, mas além disso o professor tem papel fundamental no que se refere a instigar o aluno a voltar seu olhar de forma mais crítica para o que se está observando, auxiliando assim a transformação do acadêmico em profissional.

Durante a disciplina de projeto o auxílio aos acadêmicos é dado em formas de assessoramento individualizado pois cada acadêmico desenvolve seu projeto de forma única. É neste momento que o professor solicita ao aluno que faça alterações que considera relevantes no projeto que está sendo realizado, fato que inúmeras vezes gera descontentamento e de certa forma um desconforto. Em seu primeiro projeto o acadêmico cumpre o programa de necessidades, mas inclui seus desejos pessoais, como se fosse habitá-lo, por este motivo a crença de que chegou a uma ótima solução baseada em suas experiências passadas, faz com que o indivíduo avalie o projeto como satisfatório, não compreendendo a necessidade de tais mudanças e as contribuições que diferentes visões podem trazer ao seu aprendizado.

Aceitar as opiniões adversas às suas enriquece o conhecimento acadêmico, pois um professor está habilitado a realizar projetos arquitetônicos e possui experiência profissional que lhe dão competência para identificar o que é admissível ou não em termos de projeto. Essa dificuldade de aceitar as opiniões alheias e principalmente as opiniões

diferentes está relacionada a uma questão psicológica mais ampla. Le Bon, 2013 esclarece que nas matérias científicas em que todos os dados são conhecidos, é sempre assim. É impossível divergir sobre a fórmula de uma parábola, a lei da gravitação, a trajetória de um planeta. As divergências aparecem somente nas teorias, porque elas são simples interpretações e, por isso, a lógica racional se deixa influenciar às vezes por elementos afetivos ou místicos. Assim que nos afastamos da ciência pura, ou seja, que passamos do domínio do conhecimento para a crença, a divergência das opiniões sobre todos os assuntos se torna, pelo contrário uma lei constante.

Considerando que aceitar opiniões já pode ser um grande desafio para os acadêmicos, existe ainda outro grande desafio, receber duas opiniões diferentes. Como em projeto arquitetônico a presença de dois docentes é muito comum, é notório que haverá divergência também entre a opinião de cada professor. Muitos se perguntam se dividir a turma em duas e cada professor realizar o assessoramento para uma parte não seria a alternativa mais fácil para a solução deste impasse. Em um primeiro momento sim. A divisão da turma traria benefícios para alunos e professores, mas é neste momento que precisamos reconhecer que outros problemas poderiam ser criados. A forma como a turma é dividida dificilmente agradaria a todos, sempre há preferência por um ou outro professor, isto geralmente por experiências em disciplinas anteriores ou por relatos de outras turmas. Mas o ponto mais delicado e que é unanimidade entre os professores é a necessidade de receber diferentes visões para um mesmo problema, pois se o aluno assessora apenas com um docente terá forte influência deste em sua formação, aprendendo soluções projetuais como ele e então deixando de pensar em alternativas que farão parte do seu próprio estilo de projetar, tornando-se assim um reflexo do professor. Em nenhum momento da formação os cursos de arquitetura visam criar cópias de seus professores, e sim fornecer subsídios para que seu próprio estilo profissional seja construído, moldado e aperfeiçoado durante a graduação.

Segundo a carta da UIA- União Internacional dos Arquitetos, em uma de suas abordagens, está a necessidade de:

> (...) preparar os arquitetos para desenvolver novas soluções para o presente e para o futuro, porque o novo tempo vai trazer com ele importantes e complexos desafios devido à degradação social e funcional em muitos assentamentos humanos ... Que os métodos de formação e aprendizagem para os arquitetos sejam diversificados, de forma a desenvolver uma riqueza cultural e permitir a flexibilidade no desenvolvimento dos programas de ensino para atender às mudanças nas demandas e nos requisitos do cliente (incluindo métodos de entrega de projeto dos usuários, da profissão de arquiteto e da indústria da construção, mantendo-se atenção sobre as motivações políticas e financeiras por trás de tais mudanças. (UIA/UNESCO, 2011).

2.2 Contribuições do feedback

A maturidade dos acadêmicos também deve ser levada em consideração pois muitos ainda não possuem entendimento suficiente para compreender que as diferentes opiniões dos professores enriquecem o processo de aprendizado e proporcionam a visão de diversas soluções para um mesmo problema. Frequentemente os professores convivem com reclamações dos alunos pelo fato de que as disciplinas de projeto possuem dois professores e estes têm considerações diferentes sobre o mesmo projeto. O que os acadêmicos não conseguem identificar é que as duas soluções estão corretas e que se não atender à solicitação de alteração de um professor em função de ter se identificado mais com a sugestão de outro, isso não invalida seu trabalho e também não significa que o acadêmico irá reprovar na disciplina por este motivo. O ponto mais importante para o crescimento do acadêmico é identificar-se mais com uma ou outra solução, e ter a capacidade de observar se estas soluções alteram as funcionalidades de seu projeto, pois assim ele conseguirá compreender o porquê a mudança é necessária.

Oferecer feedback eficiente é umas das técnicas mais poderosas de comunicação. Quando melhoramos nossas habilidades de feedback, estabelecemos um processo de compreensão, respeito e confiança em uma relação. É esse o poder que esses conceitos têm. (WILLIAMS, 2005).

Para assessorar um acadêmico também é necessário que o professor possua certa habilidade, existem comportamentos que podem gerar reações negativas indesejadas.

Dar feedback é um desafio, pois precisamos entender as outras pessoas e a maneira como elas reagem, para aprimorar a nossa capacidade de dar retorno. E ser capaz de fazer uma leitura das outras pessoas não é uma habilidade inata, mas algo que precisamos desenvolver. (WILLIAMS, 2005).

Williams, 2005, destaca ainda que existem três métodos tradicionais erroneamente utilizados para corrigir um comportamento. São eles: imposição, persuasão e ameaça. O docente precisa ter clareza que estes métodos são falhos e que geram uma reação indesejada podendo até mesmo revoltar os estudantes. Em contrapartida Williams cita cinco pontos que podem auxiliar na correção de um comportamento. São eles: Iniciar com um feedback positivo, fazer perguntas cuidadosamente orientadas, dizer claramente qual a mudança necessária, aplicar a disciplina apropriada e por fim estabelecer um limite. É de grande importância que o docente questione o acadêmico sobre suas intenções projetuais para que possa compreender as ideias que resultaram na configuração atual, se necessário. A intervenção do

professor deve possuir clareza na hora de sua avaliação deixando explícito os fatores que justificam suas considerações, isso facilita a aceitação por parte dos acadêmicos, estabelecer prazo, para que as mudanças sejam finalizadas e também um limite máximo de tolerância para que isso ocorra. Tais fatores influenciam na construção do senso de responsabilidade por parte dos estudantes.

Mattar (2009) diz que a interação com o professor fornece motivação e feedback aos alunos, auxiliando seu aprendizado. Essa interação precisa ser facilitada para que o aluno e o professor mantenham a motivação na troca de informações.

Com o passar dos semestres o docente consegue aperfeiçoar suas próprias habilidades de comunicação e de avaliação, sendo necessário sempre pensar na formação continuada dos docentes, isso melhora significativamente as habilidades dos professores a partir de suas primeiras experiências no meio acadêmico, tendo impacto direto na avaliação dos professores e da instituição de ensino.

2.3 Influência da Comunicação na formação acadêmica

Quando o acadêmico assessora seu projeto ele precisa compreender suas próprias intenções projetuais e explicá-las de forma clara para o professor. Este exercício de argumentação ajuda no desenvolvimento da competência de comunicação que engloba um bom domínio de gramática, do vocabulário e também boa dicção e clareza, isso deve ocorrer através da organização de ideias e de uma boa sequência de fatos e conteúdos que se quer comunicar. As disciplinas de projeto também têm o objetivo de desenvolver no aluno o poder de argumentação, de acordo com Libâneo (1994), quando o professor pergunta, ele não está simplesmente querendo obter respostas que já conhece, pois incentivar o pensamento filosófico é querer que o educando reflita de maneira nova, considere métodos alternativos de pensar e agir.

> O professor não apenas transmite uma informação ou faz perguntas, mas também ouve os alunos. Deve dar-lhes atenção e cuidar para que aprendam a expressar-se, a expor opiniões e dar respostas. O trabalho docente nunca é unidirecional. As respostas e opiniões mostram como eles estão reagindo à atuação do professor, às dificuldades que encontram na assimilação dos conhecimentos. Servem, também, para diagnosticar as causas que dão origem a essas dificuldades. (LIBÂNEO, 1994),

O diálogo é um elemento fundamental da aprendizagem, fato que é reforçado por Haydt (1995), sobre a importância do estabelecimento do diálogo:

"Na relação professor-aluno, o diálogo é fundamental. A atitude dialógica no processo ensino-aprendizagem é aquela que parte de uma questão problematizada, para desencadear o diálogo, no qual o professor transmite o que sabe, aproveitando os conhecimentos prévios e as experiências, anteriores do aluno. Assim, ambos chegam a uma síntese que elucida, explica ou resolve a situação-problema que desencadeou a discussão. "

Ziane Cielo Marhl em seu artigo "A comunicação interativa em sala de aula" conclui que: "A aula é um momento de diálogo no qual o aluno dispõe-se a participar, a vencer os seus medos, discordar dos pontos de vista do professor, é um tempo destinado a correlação de fatos dando-lhes ordem e forma lógica, atribuindo-lhes significado. Isto só é possível através de uma metodologia dialógica que se caracterizará no confronto das ideias entre professor e aluno num contexto sócio-político-educacional."

3. CONCLUSÃO

Diante das questões que professores e acadêmicos enfrentam é possível concluir que, seria importante considerar que cursos ligados ao bem estar da população deveriam ter em sua grade curricular uma disciplina de psicologia, com o intuito de oferecer suporte aos alunos quanto as adversidades as quais são confrontados. Tal disciplina seria capaz de fazer com que o aluno aprimorasse as suas habilidades de comunicação e relações interpessoais. Os benefícios também poderiam ser observados nos assessoramentos, pois assim o acadêmico teria a acesso a uma reflexão em relação aos benéficos de receber um auxilio através de um feedback positivo ou corretivo oferecido pelos professores.

Outra constatação importante é que muitas vezes o professor tem em mente como funciona um assessoramento, mas não deixa explícito para os acadêmicos, podendo concluir assim que todo início de semestre é importante deixar clara qual a participação dos professores durante o semestre e como ocorrem os assessoramentos. Enfatizar a importância de receber visões de profissionais diferentes e que isto contribui para a formação do futuro profissional, pois o que se busca não é criar um reflexo de um ou outro docente.

A formação continuada, para o aprimoramento de seus docentes deve ser uma possibilidade considerada pela Universidade, pois o curso de Arquitetura não possui disciplinas que visam à docência na área, ou seja, disciplinas relacionadas a didática sendo assim muitos Arquitetos tornam-se professores devido a seu reconhecido destaque dentro de uma comunidade, sendo assim seria relevante considerar um curso de formação acadêmica para que os Arquitetos aprendam a lidar com situações comuns exclusivamente à docência, porém é importante que a universidade também

incentive o professor Arquiteto para que continue atuando profissionalmente fora da universidade. Não devemos dissociar a prática de projeto da atividade docente, pois só quem sabe projetar poderá contribuir no ensino desta arte.

4. REFERÊNCIAS

Haydt, R. C, 1995. *Curso de didática geral*. 2a ed. São Paulo: Ática.
Koehler, S. M. F., 2012. *Inovação Didática - Projeto de Reflexão e Aplicação de Metodologias Ativas de Aprendizagem no Ensino Superior: Uma Experiência com "Peer Instruction"*. Janus /Faculdades Integradas Teresa D'ávila, a. 9, n. 15.
Kother, M. B. M, Ferreira, M. S, Bergatto, 2006. Arquitetura e Urbanismo: Posturas, Tendências e Reflexões. Porto Alegre, Faupucrs.
Libâneo, J. C., 1994. *Didática*. São Paulo: Cortez Editora.
Le Bon, G., 2013. Psicologia das opiniões e das crenças. Tradução Souza Campus, E. L. de Teodoro. Niterói
Mattar, J., 2009 *Interatividade e aprendizagem*. In: LETTO, Frederic M.; FORMIGA, Marcos. (orgs.). Educação a distância, o estado da arte. ABED (Associação Brasileira de Educação a Distância. São Paulo: Pearson education do Brasil.
Mitre, S. M. e outros, 2008. *Metodologias ativas de ensino - aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais*. Ciência & Saúde Coletiva, 13 (Sup 2).
UIA/UNESCO, 2011. *Carta para Educação dos Arquitetos*. Tradução Luis Augusto Contier.
< http://www.abea-arq.org.br/?page_id=304>
Williams, R. L., 2005. Preciso saber se estou indo bem! Tradução Antônio Evangelista de Moura Filho. Rio de Janeiro: Sextante.

5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

WALTER GROPIUS: UMA ANÁLISE DO INÍCIO DO MOVIMENTO MODERNO

Laura Forcelini Pertille
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus Erechim, Campus II, RS 331, n 345, Erechim-RS
laurinha_pertille@hotmail.com

Letícia Regina Pereira Banhara
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus Erechim, Campus II, RS 331, n 345, Erechim-RS
leti_0905@hotmail.com

Samir Marques Azevedo
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus Erechim, Campus II, RS 331, n 345, Erechim-RS
samir_azevedo@msn.com

Resumo. *Walter Gropius, arquiteto alemão, mais tarde radicado nos Estados Unidos devido ao regime nazista. Foi o criador e fundador da Escola da Bauhaus e de outras importantes obras citadas neste artigo - Fábrica Fagus e Casa Gropius. Iniciou o Movimento Moderno, introduzindo na arquitetura novos métodos e empregando materiais até então desconhecidos no ramo. O objetivo do presente artigo é descrever as principais obras do arquiteto, suas técnicas construtivas e a importância das mesmas para o movimento moderno. A metodologia do artigo é de caráter descritivo baseado na busca de dados secundários. Por fim, conclui-se que, Walter Gropius foi um importante arquiteto que definiu a base para o modernismo e introduziu conceitos utilizados em projetos até a atualidade.*

Palavras-chave: *Walter Gropius, Projeto, Bauhaus, Arquitetura, Modernismo.*

1. INTRODUÇÃO

Walter Gropius nasceu no dia 18 de maio de 1883 em Berlim na Alemanha. Estudou arquitetura e se tornou um dos arquitetos mais importantes do movimento moderno na Europa. Foi o fundador da Bauhaus, a escola de arquitetura que mudou por completo a visão da época, além de ter projetado o edifício para a sede da escola em Dessau em 1925 (Uribe, 2017).

A Bauhaus desempenha um papel fundamental entre os fatores de formação do Movimento Modernista. A sede da escola em Dessau é um exemplo de trabalho em equipe, que inclui desde a construção do edifício até o mobiliário e a arquitetura de interiores, a integração entre racionalidade com a escala humana (Pereira, 2010).

Para Zezak, *et al*. (2007), Gropius foi um vanguardista, precursor da arquitetura moderna. O modernismo foi uma nova fase estética fundamentada na valorização da realidade nacional. Um movimento cultural global que envolvia vários aspectos entre eles sociais tecnológicos e artísticos. Na arquitetura buscava-se o racionalismo e o funcionalismo, os projetos tinham formas geométricas definidas sem ornamentos, uso de pilotis, panos de vidros contínuos nas fachadas, entre outras características construtivas. Este artigo busca analisar a contribuição do Walter Gropius para o Movimento Moderno.

2. MÉTODO

O objetivo principal deste artigo é refletir sobre principais obras realizadas pelo arquiteto Walter Gropius, análise das técnicas construtivas e contribuições do arquiteto no Movimento Moderno. O estudo baseou-se na coleta de dados, centrou-se na análise das características do Movimento Moderno.

3. RESULTADOS E ANÁLISE DAS OBRAS

O primeiro ‘‘grande’’ projeto de Gropius foi a Fábrica Fagus. No qual sua abordagem, original para a época, aproximou o profissional dos materiais que usaria com frequência em seus projetos: vidro e metal. Pela primeira vez, na história da arquitetura ou da atuação do arquiteto, toda a fachada de um edifício foi constituída em vidro (Amaral e Valeriano, 2011).

O projeto arquitetônico da Fábrica Fagus (Fig. 1) definiu os pilares para o que seria o Movimento Moderno. Para Tietz (1998), este projeto apresenta simplicidade e nenhuma ornamentação, sendo um exemplo da utilização criativa e funcional dos novos materiais. Entre as inovações desenvolvidas por Gropius, estão o telhado plano, as esquinas sem suporte, a forma com que o vidro se integra com o interior e o exterior e a tubulação aparente que organiza o espaço de maneira vertical e horizontal. Ainda, foi separado a estrutura de suporte das fachadas, projetando estas como paredes inteiras em vidros.

Figura 1. Fábrica Fagus. Fonte: (Amaral e Valeriano, 2011)

Nesse sentido, a leveza da edificação se deve principalmente as esquinas do edifício totalmente envidraçadas. As superfícies de vidros verticais aparentam ser suspensas da cobertura, pois foram colocadas à frente dos pilares de tijolos. No interior, as lajes de piso não possuem apoio fazendo com que flutuem nas torres de vidro. Outra característica essencial do edifício é que, graças ao novo tratamento do vidro e do aço, desaparece a habitual distinção entre o interior e o exterior da edificação. A luz e o ar passam a circular o interior da fábrica passando a ser parte do espaço exterior (Tietz, 1998).

Em 1926, Walter Gropius projeta a sede da Bauhaus em Dessau na Alemanha (Fig. 2). Inspirado a criar uma instituição que unisse uma nova forma de pensamento através da interseção entre arquitetura, arte, design industrial, tipografia, design gráfico e design de interiores (Sveiven, 2017).

Figura 2. Bauhaus em Dessau. Fonte: (Sveiven, 2017)

O programa de necessidade para as instalações da Bauhaus inclui espaços para ensino, habitações para estudantes e membros da faculdade, um auditório e escritórios. Segundo Sveiven (2017) foram fundidos juntos em uma planta que lembra a configuração de um cata-vento. Ainda, Sveiven (2017) destaca que, visto de cima este arranjo sugere a forma de hélices de avião.

Segundo Curtis (2008), a instituição é composta por volumes retangulares separados, que foram então conectados por elementos oblongos (passarelas). Os espaços da escola e das oficinas são associados através de uma grande passarela de dois pavimentos, que cria a cobertura da administração localizada na parte inferior. As unidades habitacionais e o edifício educacional são conectados por uma ala para criar fácil acesso ao átrio e ao refeitório.

Conforme Sveiven (2017), para integrar os alunos da Bauhaus, a decoração interior de todo o edifício foi feita pela oficina de pintura de parede, os dispositivos de iluminação pela oficina de metal e as letras na gráfica (Fig. 3).

Figura 3. Dispositivos de iluminação da Bauhaus em Dessau. Fonte: (Sveiven, 2017)

A enorme fachada de vidro do edifício da oficina e as janelas em fita representam dois dos Cinco Pontos da Nova Arquitetura de Lê Corbusier (Maciel, 2002). As fachadas são simétricas, passando a sensação de equilíbrio e harmonia, também são lineares apresentando formas claras e diretas, cujo desenvolvimento segue uma sequência repetitiva. Estas janelas vastas permitem que a luz do sol adentrasse o edifício durante o dia, embora criasse um efeito negativo em dias mais quentes do verão. Para preservar a parede de vidro como uma extensão, as colunas de apoio de carga foram recuadas para trás das paredes principais (Sveiven, 2017).

De acordo com Maciel (2002), o projeto possui planta livre, contradizendo o princípio pelo qual a distribuição era limitada pela necessidade de paredes estruturais contínuas verticalmente e as substitui por um arranjo livre de partições não estruturais determinadas pela conveniência funcional. Também se utiliza de pilotis.

Durante o período de ascensão do Nazismo alemão, a Escola Bauhaus começou a sofrer ataques dos nazistas, obrigando o arquiteto a deixar a Alemanha em 1937. Refugiado nos Estados Unidos, Walter Gropius tornou-se professor da Universidade de Harvard e assumiu a direção do seu departamento de arquitetura. Nos EUA, Gropius passou a desenvolver arranha-céus e criar conceitos arquitetônicos que seriam exaustivamente copiados nas décadas seguintes (Almeida, 2014).

A casa Gropius (Fig. 4) teve seu projeto executado em 1938, em Lincoln no estado Norte Americano de Massachusetts. Walter Gropius utilizou de técnicas modernistas para um projeto residencial marcante.

Figura 4. Casa Gropius. Fonte: (Kroll, 2012)

Conforme Kroll (2012), o acesso ao edifício é oblíquo e sinuoso, não é visto frontalmente, senão que as fachadas principal e lateral dão lugar a uma única perspectiva em movimento. Ainda, esquadrias horizontais de vidro e marcos negros compõem os muros brancos do edifício e uma marquise plana leva à porta de entrada. Ao fundo, uma escada helicoidal externa leva ao terraço superior. A marquise, entretanto, protege dois acessos: um deles é invisível pela perspectiva de acesso, trata-se da porta externa do estúdio do arquiteto, que leva diretamente, através de um caminho de pedras, à escada helicoidal externa. O terraço superior é a área de lazer do quarto dos filhos: só é acessado através desse ambiente e da escada externa. O terraço superior é o ponto de encontro entre o trabalho e a família.

A escada externa é o elemento que marca esta união. O hall de entrada leva aos principais ambientes da casa. Os ambientes não são integrados, senão separados por portas. Do hall, se pode dirigir ao escritório, logo ao lado da entrada; ao salão de jantar; à copa, ao fundo; ao porão; além da área para guardar casacos, e o lavabo (Kroll, 2012).

Kroll (2012) ressalta que, a escada que leva ao piso superior é o elemento principal do hall de entrada. Um volume maciço e levemente curvo. Seus degraus são de madeira, e finas barras de ferro configuram uma espécie de guarda-corpo que vão de piso a teto. No interior as esquadrias de vidro de diferentes alturas e larguras, permitem a entrada de luz, e criam uma diferenciação de ambientes.

A vista posterior do edifício é determinada pelas varandas e terraços, de modo distinto à perspectiva de entrada, determinada pelos acessos e circulações. Da copa, que mantem contato com a cozinha e o salão de jantar, um volume sobressai dos limites cúbicos do edifício. Esse volume abriga uma varanda envidraçada. (Kroll, 2012)

Do salão de estar, que é acessado pelo salão de jantar ou pelo escritório, aparece uma segunda varanda, porém aberta, ainda que protegida por uma marquise com brises horizontais que se destaca no alto do edifício. Ambas varandas se conectam através de um caminho de pedras (Kroll, 2012).

O edifício parece se organizar e configurar a partir de uma divisão diagonal, marcada pela presença de gradis nas laterais do edifício, através da qual os elementos componentes da esquina de entrada são reinterpretados na esquina posterior da casa: as reentrâncias, as marquises, as conexões em pedra, os vínculos verticais. (Kroll, 2012).

Analisando sua planta baixa (Fig. 5), o projeto tem cômodos amplos e bem setorizados, apenas um grande ambiente social é amplamente integrado juntando sala de estar e living. Ambientes de serviço e dormitórios são muito bem separados.

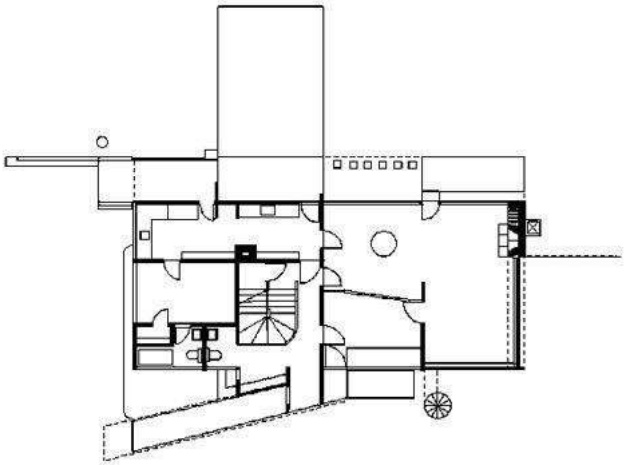


Figura 5. Planta Baixa Casa Gropius Fonte: (KROLL, 2012)

4. CONCLUSÕES

Walter Gropius foi um importante arquiteto que iniciou o movimento moderno e, introduziu conceitos e técnicas utilizados em projetos atuais – século XXI. Sua concepção vai desde a organização coletiva até a modernização na implantação de técnicas e materiais construtivos. Seu primeiro projeto, a Fábrica Fagus retratou o caráter progressista do arquiteto, utilizando de materiais como metal e vidro até então não utilizados. A criação da escola Bauhaus e sua implementação foi um marco pelas criações e conceitos arquitetônicos e de designer oriundos da mesma. Por fim, o projeto da casa Gropius utilizou de técnicas modernistas para um projeto residencial marcante, tornando-se referência em projetos contemporâneos.

5. REFERÊNCIAS

Almeida, C., 2014. “Walter Gropius: Design em sobrenome”. 19 Mar. 2017 <http://designsemsobrenome.blogspot.com.br/2014/06/walter-gropius.html>.

Amaral, A.B., Valeriano, L., 2011. “Fábrica Fagus - Walter Gropius: Teoria e História das Artes e Arquitetura II”. 12 Mar. 2017 < http://fabricafagus.blogspot.com.br/2011/05/fabrica-fagus-walter-gropius.html>.

Kroll, A., 2012. “Clássicos da Arquitetura: Casa Gropius / Walter Gropius. 15 Mar. 2017 <http://www.archdaily.com.br/br/01-126875/classicos-da-arquitetura-casa-gropius-slash-walter-gropius>.

Maciel, C.A., 2002. “Villa Savoye: arquitetura e manifesto (1)”. 19 Mar. 2017 <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/02.024/785>.

Pereira, J.A., 2010. “Introdução à História da Arquitetura”. Bookman, Porto Alegre.

Sveiven, M., 2017. “Clássicos da Arquitetura: Bauhaus Dessau / Walter Gropius”. 12 Mar. 2017. <http://www.archdaily.com.br/br/805820/classicos-da-arquitetura-bauhaus-dessau-walter-gropius>.

Tietz, J., 1998. “História da Arquitectura do século XX”. Ed. Könemann, Colônia

Uribe, B., 2017 “Em foco: Walter Gropius”. 19 Mar 2017. < http://www.archdaily.com.br/br/787759/em-foco-walter-gropius>.
Zezak, A., Silveira, D., Bortoloso, J., e Neckel, N., 2007 “04- Modernismo. Discutindo / arquitetura”. 14 Abr. 2017., <https://discutindoarquitetura.wordpress.com/modernismo1/>.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ACESSIBILIDADE NA UNIVERSIDADE: ANÁLISE DOS SANITÁRIOS DO PRÉDIO 08 NO CAMPUS 2 EM ERECHIM DA UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES

Letícia Regina Pereira Banhara
Instituição Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Erechim.
Endereço: Campus II, RS 331, n 345, CEP: 99700-000, Erechim-RS
E-mail leti_0905@hotmail.com
Sara Roesler
Instituição Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Erechim.
Endereço: Campus II, RS 331, n 345, CEP: 99700-000, Erechim-RS
E-mail sararoesler@gmail.com
Darllan Fabiani da Silva Santos
Instituição Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Erechim.
Endereço: Campus II, RS 331, n 345, CEP: 99700-000, Erechim-RS
E-mail: darllanfabiani@gmail.com

Resumo
O artigo trata da acessibilidade de pessoas com deficiência na universidade na perspectiva do espaço físico quanto à conformidade com a NBR 9050 (2015). Tem como objetivo analisar acessibilidade arquitetônica nos sanitários do prédio 08 do campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões em Erechim e apresentar possíveis intervenções a serem realizadas. No que se refere à análise de acessibilidade arquitetônica foram considerados a sinalização, a dimensão, as barras de apoio, a altura das bacias sanitários e dos lavatórios dos referidos sanitários, apresentando comparações que possam servir de apoio às discussões de projetos e adequações da edificação.

Abstract
The article deals with the accessibility of people with disabilities in the university from the physical space perspective regarding compliance with NBR 9050 (2015). Its objective is to analyze architectural accessibility in the toilets of building 08 of campus II of the Integrated Regional University of Alto Uruguay and of the Missions in Erechim and present possible interventions to be carried out. Regarding the architectural accessibility analysis, signaling, size, support bars, height of sanitary basins and lavatories were considered, with comparisons that could be used to support discussions of building projects and adjustments.

Keywords: *Acessibilidade, sanitários, universidade.*

1. INTRODUÇÃO

Para Andrade et al. (2007) "Pela legislação brasileira, toda pessoa, incluindo aquelas que apresentam deficiências, têm direito ao acesso à educação, à saúde, ao lazer e ao trabalho. Desta forma, as pessoas devem ser percebidas com igualdade, implicando assim no reconhecimento e atendimento de suas necessidades especificas".

Santos (2004) destaca "que a acessibilidade é um dos principais fatores que rege a inter-relação entre a sociedade e indivíduos portadores de deficiências, influenciando em vários aspectos diretamente ligados a seus direitos enquanto cidadão. Pode-se identificar uma grande falta de informações voltadas a esta problemática, principalmente no campo da ergonomia, no que diz respeito a sua relação com os produtos que usa e ambientes que frequentam". De acordo com Carvalho (2001), estas informações seriam importantes à concepção de dispositivos, mobiliários e ambientes de trabalho mais adequados a estes indivíduos.

Para Fernandes (2008) "Com a valorização e reconhecimento da convivência com a diversidade, o termo acessibilidade tem sido utilizado para garantir que todas as pessoas tenham acesso a todas as áreas de seu convívio. Estas áreas estão relacionadas aos espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, sistemas e meios de comunicação e informação. Desta forma, espera-se que haja uma preparação e uma resposta às necessidades especiais que esta diversidade pode apresentar nestas áreas".

Deste modo, este artigo busca analisar os sanitários do prédio 08 do campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões em Erechim quanto à conformidade com a NBR 9050 (2015).

A NBR 9050 (2015) visa "proporcionar a utilização de maneira autônoma, independente e segura do ambiente, edificações, mobiliário, equipamentos urbanos e elementos à maior quantidade possível de pessoas, independentemente de idade, estatura ou limitação de mobilidade ou percepção. Para serem considerados acessíveis todos os espaços, as edificações, os mobiliários e os equipamentos urbanos que vierem a ser projetados, construídos, montados ou implantados, bem como as reformas e ampliações de edificações e equipamentos urbanos".

2. MÉTODO

O método utilizado foi um estudo de caso em sanitários universitários, sendo a pesquisa do tipo exploratório-descritivo com abordagem quantitativa. O estudo exploratório e descritivo permite compreender determinada realidade e fornece subsídios para uma possível intervenção. Para proporcionar maior familiaridade com o assunto em questão, envolveu levantamento bibliográfico e análise in loco.

Os materiais utilizados para se fazer o levantamento dos dados foram uma trena graduada em centímetros para a obtenção de medições e um celular para registar a situação por meio de fotos. Por fim, esses dados foram avaliados e comparados com os parâmetros da norma NBR 9050, gerando resultados sob o ponto de vista da comparação. E apresentando possíveis intervenções a serem realizadas.

3. RESULTADOS

No prédio 08 do Campus II de Erechim da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões existe um sanitário masculino e um feminino acessíveis em cada andar dos edifícios analisados, que permanecem constantemente abertos para quem precisa utilizá-los. Para análise de acessibilidade foram considerados a sinalização, a dimensão, as barras de apoio, a altura das bacias sanitários e dos lavatórios dos referidos sanitários.

3.1 Sinalização

De acordo com a NBR 9050 (2015) a sinalização deve ser autoexplicativa, perceptível e legível para todos. A sinalização deve estar disposta em locais acessíveis e ser instalada a uma altura que favoreça a legibilidade e clareza da informação, atendendo inclusive às pessoas com deficiência conforme fig. 01.

Figura 01 – Símbolos representativos de sanitários acessíveis. Fonte: NBR 9050, 2015.

Conforme Figura 02 dos sanitários femininos e masculinos acessíveis no pavimento térreo do prédio 08, pode-se observar que os mesmos não possuem sinalização adequada ou nenhuma sinalização. A situação se repete nos demais pavimentos.

Figura 02 –Sinalização Sanitários Feminino e Masculino Acessíveis do pavimento térreo. Fonte: Autor.

3.2 Dimensão dos sanitários

Segundo a NBR 9050 (2015) as dimensões do sanitário acessível devem garantir o posicionamento das peças sanitárias e os seguintes parâmetros de acessibilidade conforme fig. 03.

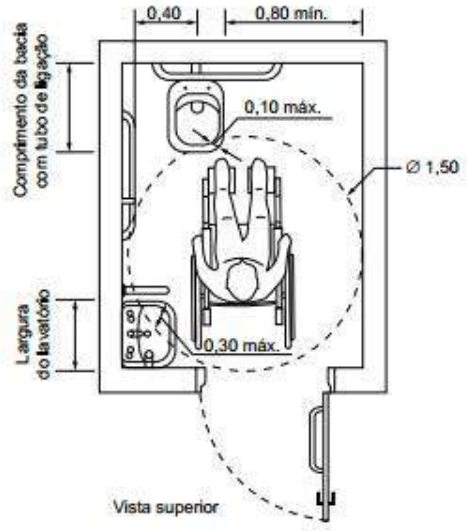


Figura 03 –Medidas mínimas de sanitários acessíveis. Fonte: NBR 9050, 2015.

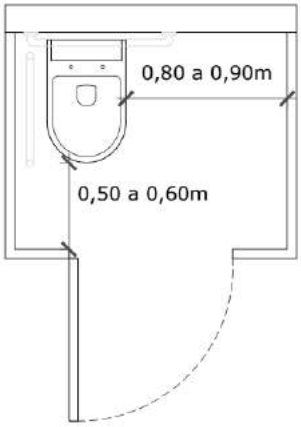


Figura 04 – Croqui das dimensões dos sanitários acessíveis do prédio 08. Fonte: Autor.

De acordo com a Figura 04 e após as medições realizadas em todos os sanitários do prédio 08, verificou-se que os mesmos não estão com as dimensões adequados ao disposto na Norma.

3.3 Barras de apoio

A NBR 9050 (2015) destaca que as barras de apoio (fig. 05) são necessárias para garantir o uso com segurança e autonomia das pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Deste modo, é necessário a instalação de barras horizontais e verticais.

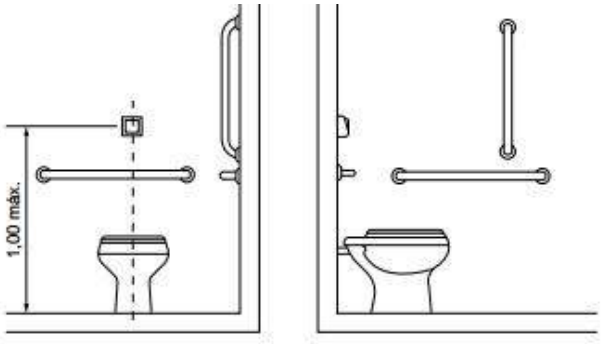


Figura 05 – Barras de apoio para sanitários acessíveis. Fonte: NBR 9050, 2015.

Figura 06 –Barras de apoio do Sanitário Feminino Acessível do pavimento térreo. Fonte: Autor.

Na Figura 06 mostrada acima pode-se observar que o sanitário feminino do pavimento térreo do prédio 08 possui apenas as barras horizontais. A válvula de descarga encontra-se a 1 metro do piso acabado. Essa situação repete-se nos demais pavimentos.

3.4 Altura da bacia sanitária e dos lavatórios

As bacias e assentos sanitários acessíveis não podem ter abertura frontal e estar de acordo com a Figura 07. Com o assento, esta altura deve ser de no máximo 0,46 m para as bacias de adulto (NBR 9050, 2015).

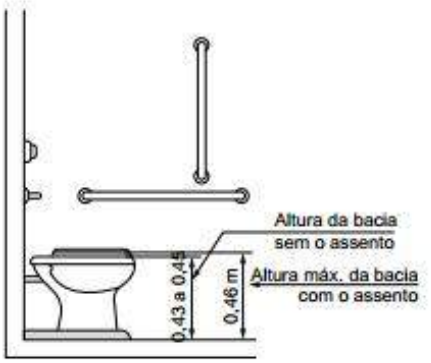


Figura 07 –Altura bacias sanitárias para sanitários acessíveis. Fonte: NBR 9050, 2015.

Os lavatórios devem garantir altura frontal livre na superfície inferior, conforme fig. 08, e na superfície superior de no máximo 0,80 m, exceto a infantil (NBR 9050, 2015).

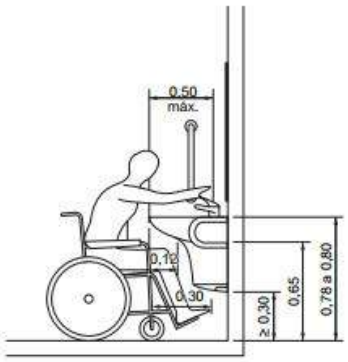


Figura 08 –Altura lavatórios para sanitários acessíveis. Fonte: NBR 9050, 2015.

Figura 09 –Sanitário Feminino Acessível do pavimento térreo. Fonte: Autor.

Conforme Figura 09 mostrada acima e após efetuadas as medições, verificou-se que o lavatório não está de acordo com a altura de 0,78 a 0,80 m estabelecido pela Norma. Contudo, os assentos sanitários enquadram-se na altura de 0,46 m conforme NBR 9050.

4. CONCLUSÕES

No estudo de acessibilidade realizado nos sanitários do prédio 08 do Campus II de Erechim da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões foram encontradas inconformidades de acordo com a NBR 9050. Esses erros e inconformidades são resultados de inúmeros fatores, entre eles podemos citar o tempo das instalações. Contudo, é perceptível os esforços para reformar a instalação a deixando em conformidade com as normas atuais de acessibilidade. É importante que os futuros projetos arquitetônicos a serem executados na Universidade estejam dentro das Normas, tornando assim o ambiente universitário mais confortável e mais acessível a todos. Conforme já mencionado, para adequar-se a NBR 9050 é necessário que a Universidade instale a sinalização e as barras verticais, também é necessário a adequação da altura do lavatório. Quanto as dimensões, uma possível solução seria reduzir um sanitário em cada pavimento, para ampliar as dimensões do sanitário acessível.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. NBR9050. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, 3° edição. 2015.

Fernander, E. M. e Orrico, H. F., 2008. Acessibilidade e inclusão social. Rio de Janeiro: Descubra.

Carvalho, L. R., 2001. Ergonomia e o trabalho do portador de necessidade motora específica: o caso do cadeirante. Dissertação de Mestrado, Florianópolis, SC.

Andrade, M.S.A.; et al, 2007. “Pessoas com deficiência rumo ao processo de inclusão na educação superior”. 10 Jun. 2017<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000079&pid=S151673132013000100009000001&lng=pt>.

Santos, L. K. S., 2004. “Diretrizes de arquitetura e design para adaptação da habitação de interesse social ao cadeirante”. Curitiba, PR.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ACESSIBILIDADE EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS: O CASO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM

Luana Carina Kuhn
URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das missões
Endereço: Campus II, RS 331, n 345, CEP: 99700-000, Erechim-RS
E-mail:luannakuhn8@hotmail.com
Sara Roesler
URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das missões
Endereço: Campus II, RS 331, n 345, CEP: 99700-000, Erechim-RS
E-mail:sararoesler@gmail.com
Darlan Fabiani
URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das missões
Endereço: Campus II, RS 331, n 345, CEP: 99700-000, Erechim-RS
E-mail:darllanfabiani@gmail.com

Resumo: *Acessibilidade é uma dos assuntos mais discutidos no quesito de qualidade de vida e o pleno exercício da cidadania pelas pessoas portadoras de deficiências (PPDs). O presente artigo se refere a um estudo de caso que tem por objetivo rever a acessibilidade em edifícios públicos, mas em específico a Prefeitura Municipal de Erechim. Referente à análise de acessibilidade foram considerados os acessos, barreiras arquitetônicas, como funciona o atendimento no dia a dia, a acessibilidade no entorno da Prefeitura e no seu interior e em casos específicos como, por exemplo, nas eleições, apresentando comparações que possam servir de apoio às discussões de projetos e sugestões de adequações no mesmo.*

Palavras Chaves: *Acessibilidade, Pessoas portadoras de deficiência (PPD), Edifícios públicos, Prefeitura Municipal de Erechim.*

1. INTRODUÇÃO

Quando falamos de acessibilidade logo nos vêm em mente às rampas, pisos táteis, barras de apoio, tudo o que se refere a barreiras arquitetônicas. No entanto, a condição que garante o acesso sem barreiras a ambientes, materiais, serviços e informações para qualquer pessoa vai muito além, envolve também estratégias de comunicação e até mesmo a forma como nos portamos frente à diversidade.

As barreiras arquitetônicas ou sociais são obstáculos construídos no meio urbano ou nos edifícios, no qual impedem e dificultam a circulação de pessoas com qualquer necessidade, que é o caso deste estudo baseado no levantamento in loco onde será focado em Portadores de cadeiras de rodas, baseando na legislação e principalmente na NBR 9050. Pode-se dizer que a acessibilidade é a condição de alcance sob espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos transportes e dos sistemas e meios de comunicações que sejam usufruídos com segurança e autonomia por pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida. A presença de interesses divergentes no cenário urbano, principalmente em prédios históricos, neste caso a Prefeitura Municipal de Erechim – RS torna necessária a adaptação do meio, para a concretização de desenvolvimento urbano sustentável, a superação do princípio da maioria por processo de democratização da cidade em direção ao modelo participativo.

Assim, planejar desenvolvimento urbano é, sem dúvida, pensar formas, economicamente viáveis, de acesso a equipamentos urbanos e serviços públicos por todos os habitantes da cidade, inclusive por minorias como as pessoas de mobilidade reduzida. São ao todo 24,6 milhões de pessoas no Brasil que apresentam algum tipo de dificuldade seja ela motora, física, visual, mental, auditiva[1], que somam 14,5% da população brasileira. As pessoas, indiferente do seu grau de mobilidade reduzida, têm direito a todo e qualquer tipo de atendimento, seja ele público ou privado e devem por lei serem respeitados, porém em algumas situações as barreiras arquitetônicas e sociais impedem este livre acesso.

2. RESULTADOS DA PESQUISA

CIDADE DE ERECHIM

[1] Fonte: Censo 2000, IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A cidade de Erechim é uma cidade planejada. O planejamento viário da cidade havia sido inspirado em conceitos urbanísticos usados nos traçados de Washington (1791), Paris (1850), Buenos Aires (1580) e Belo Horizonte (1897), que com o passar do tempo foi alterado para facilitar o fluxo viário, caracterizando-se por ruas muito largas, forte hierarquização e criação, através de ruas diagonais ao xadrez básico, de pontos de convergência. Elementos chaves do seu traçado incluem uma malha perpendicular de ruas cortadas por avenidas em diagonal, quarteirões de dimensões regulares e uma avenida em torno de seu perímetro.

Com o crescimento da cidade e de sua economia - agricultura, pecuária, comércio e serviços - o povoado Boa Vista de Erechim foi elevado à categoria de município com a denominação ‘’Erechim’’, pelo decreto estadual nº 2342, de 30 de abril de 1918, assinado por Borges de Medeiros, desmembrado do município de Passo Fundo. Sede na antiga povoação de Boa Vista do Erechim, instalada em 18 de junho de 1918. Ao longo dos anos o município foi ganhando novos distritos, também houve uma necessidade em obras e intervenções nas ruas da cidade, as principais foram o nivelamento da canhada existente na avenida Maurício Cardoso, canalização das sangas existentes nas primeiras quadras das ruas Itália e Nelson Ehlers, e o nivelamento de muitos outros buracos com madeira e terra.

Depois de alguns anos, foram feitos grandes estudos que comprovaram que Erechim se desenvolvia sobre buracos - em trabalho executado pela antiga comissão de terras, um levantamento que durou muitos meses, capitaneado por Diumer Schneider, os Irmão Malinowski, os Irmãos Losina, Antônio Bergmann e Henrique Schwerin, fizeram um levantamento topográfico de dois em dois metros quadrados. Antes mesmo do término desse serviço, um prefeito da época mandou o agrimensor da prefeitura nivelar o calçamento e foram estendidos os cordões, com todos os defeitos da superfície. Muitas administrações tentaram em vão nivelar a cidade. Nessa época a sede da prefeitura era em uma casa antiga de madeira, a qual tinha mais de uma função.

Mais tarde desenhou-se o Plano Diretor, que dispunha sobre o desenvolvimento urbano. Com ele, concedeu-se o nivelamento de muitas construções antes de fazer o nivelamento das ruas, o que resultou em casas com muitos andares enterrados, depois de as ruas serem nivelada como deviam, para atenuar com as íngremes subidas, houve um grande protesto na cidade sobre esse plano diretor, que acabou arquivado.

Figura 1. Prefeitura e seu entorno

Figura 2. Prefeitura

No ano de 1929 deu – se início a construção de um marco da cidade, a Prefeitura. O prédio da prefeitura é considerado histórico e um dos mais antigos da cidade, sua construção começou em 1929 quando Erechim ainda era chamada de Boa Vista do Erechim, na época a Prefeitura estava instalada em uma casa de madeira administrada pelo Coronel Attilano Machado onde além de prefeitura servia para Delegacia de Polícia e Hotel.

O início da obra foi no ano de 1929, onde era considerado um prédio da arquitetura eclética que predominava de linhas horizontais e simetria, características da arquitetura clássica, porém a execução da obra passou por várias alterações e problemas que só foi concluído em 1940, ainda assim ficando uma dívida que só foi quitada após vários anos.

Em 1930 sob comando de Aminthas Maciel que também interferiu no projeto, ordenou que o térreo do prédio fosse reservado para ser a cadeia pública, pois o presídio da época era velho e havia muitas fugas, a nova cadeia ficou instalada ali por 30 anos.

O prédio da Prefeitura então começou a ser frequentado ainda mais após a parte onde havia sido instalada a prisão se tornar o Setor de Obras e abrigar outras funções. Por ser um Edifício Público e histórico deve por lei cumprir as normativas onde devem se adaptar para que qualquer usuário possa ter acesso independente do setor. No prédio o acesso é feito pela entrada principal no qual é feito de escadas (representado abaixo na Fig. 2) e não tendo acesso para cadeirantes, o seu interior também não possui acessibilidade, seus acessos são só por escadas.

Figura 3. Acesso Principal Prefeitura

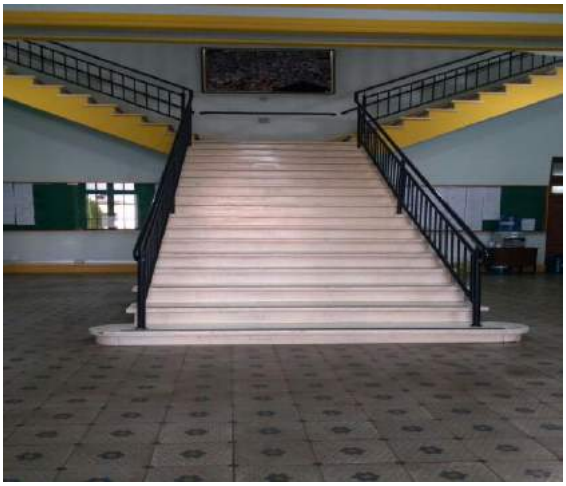


Figura 4. Acesso interno da Prefeitura

Conforme informado pela administração da prefeitura, foram realizados vários projetos, porém nenhum foi executado, atualmente a prefeitura não é um prédio acessível, mas para qualquer atendimento, seja, administrativo, setor de educação, habitação, com o próprio Prefeito ou qualquer outro atendimento que necessite a locomoção do PCR é feito pelo único setor acessível do prédio, o setor de obras, que se encontra aos fundos do prédio.

Figura 5. Acesso cadeirantes na Prefeitura

Os projetos aprovados na prefeitura garantem a acessibilidade tanto no imóvel como no seu entorno, já os prédios que estão passando por modificações devem adequar-se garantindo o direito para todos terem acesso. A prefeitura possui um decreto que trata da acessibilidade dos passeios de Erechim, onde a mesma é usada como exemplo pelas faixas guias, rampas, faixas elevadas, entre outros itens.

Percebe – se também a urgência de se colocar em prática esses projetos, pois existe a necessidade de receber cadeirantes com mais conforto, deixando eles se sentindo independentes, como é o caso das eleições onde as urnas são localizadas no setor de obras e no pavimento térreo, segundo informação da pela prefeitura as zonas que possuem votantes PCR ficam localizadas no setor de obras, que é o mesmo acesso para informações do dia a dia já citado.

[1] Fonte: Censo 2000, IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

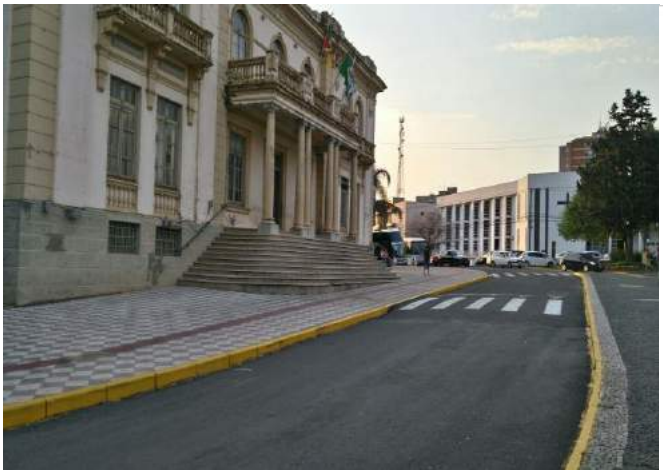


Figura 6. Acessibilidade no entorno da Prefeitura

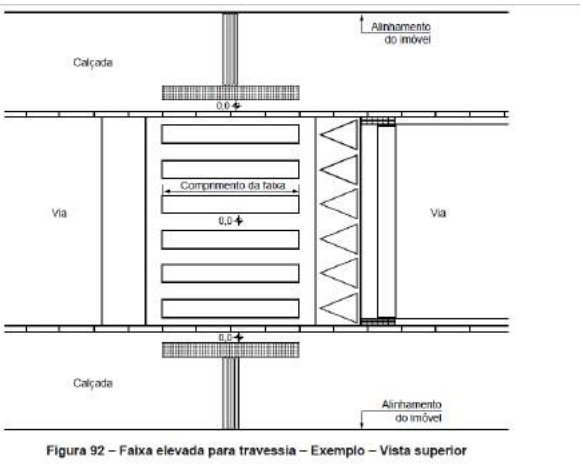


Figura 7. Comparação da faixa elevada
(Fonte: NBR 9050)

O passeio público é a parte da via pública destinada à circulação de qualquer pessoa, independente da limitação de mobilidade ou percepção, com autonomia e segurança. Todos os decretos e itens que devem ser seguidos em uma obra encontram-se no plano diretor da cidade e em decretos como o Nº 4.043, de junho de 2014.

3. CONCLUSÃO

Possuímos a necessidade de redução das barreiras arquitetônicas para promover a integração de pessoas com deficiência em todos os ambientes. Estes demostram que na presença de barreiras a qualidade dos serviços prestados está comprometida e a legislação brasileira não estão sendo cumprida. Neste artigo mostro que mesmo sem acessibilidade, neste caso está sendo efetuada a integração, garantindo o direito de todos ao acesso nesta instituição pública.

4. REFERÊNCIAS

ABNT NBR9050:Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. *Associação Brasileiras de Normas Técnicas, Rio de Janeiro; ABNT,2015.*

AZEVEDO, E. M; CALEGAR,P. C; ARAÚJO, M.M. Acessibilidade Urbana no Estatuto da Cidade: O papel do Plano Diretor na Construção Dialógica de Cidades Sustentáveis. In: IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOCIEDADE INCLUSIVA, 2006, Belo Horizonte. Propostas e ações inclusivas: impasses e avanços. Disponível em: < http://proex.pucminas.br/sociedadeinclusiva/sem4/038.pdf>. Acesso em: 01 agosto 2017.

BRASIL. Decreto n 4.043 de 09 de Junho de 2014. "Dispõe sobre os passeios públicos no Município de Erechim." .Disponível em < http://www.pmerechim.rs.gov.br/uploads/legislations/3903/e7f00e9440a559b9dcd18deae523eaaa.pdf >. Acesso em 29/08/2017.

FEIJÓ, A. R. A; " O direito constitucional da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida". Disponível em < http://www.egov.ufsc.br/portal/conteudo/o-direito-constitucional-da-acessibilidade-das-pessoas-portadoras-de-defici%C3%AAncia-ou-com-mob >. Acesso em 29/08/2017.

JORNAL BOA VISTA. Erechim 97 anos um pouco de sua história. Disponível em: <http://www.jornalboavista.com.br/site/noticia/37546/erechim-97-anos-um-pouco-de-sua-historia>. Acesso em: 01 agosto 2017.

LAMÔNIA, D. A. C; ARAÚJO-FILHO, P; SIMOMELLI, S. B. J; CAETANO, V. L. S. B; REGINA, M. R. R;REGIANI, D. M; "Acessibilidade em ambiente universitário: Identificação de barreiras arquitetônicas no campus da USP em Bauru" Disponível em < http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/11021 > . Acesso em 29/08/2017.

LIMA, L.H; "Acessibilidade para pessoas portadoras de deficiências: requisito da legalidade, legitimidade e economicidade das edificações públicas". Disponível em: < http://revista.tcu.gov.br/ojsp/index.php/RTCU/article/view/293 >. Acesso em 29/08/2017.

PEREIRA, A.C.A..; LIMA, E.P. "Acessibilidade em imóveis tombados." Disponível em < http://www.mpgo.mp.br/portalweb/hp/41/docs/acessibilidade_em_imoveis_tombados.pdf >. Acesso em 29/08/2017

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DETALHE E SIGNIFICADO NA ARQUITETURA

Natalia Nakadomari Bula
URI *Campus* Erechim
nataliabula@uricer.edu.br
Melissa Laus Mattos
UFFS *Campus* Erechim
melissa.mattos@uffs.edu.br

Resumo. *Este artigo discute a crise da linguagem na arquitetura por meio da análise do contexto histórico da passagem da modernidade à contemporaneidade. Relaciona o resgate do significado na arquitetura por meio de intenções sensíveis do arquiteto que podem conferir expressão tectônica a partir do detalhe.*

Palavras chave: *Arquitetura e linguagem, tectônica, materialidade, detalhe, significado.*

1. INTRODUÇÃO

A questão da linguagem é um tema em constante estudo na arquitetura, no entanto, os debates se tornam mais efervescentes a partir do que se conhece por período pós-moderno com os livros "Espaço, tempo e arquitetura" de Giedion ([1941] 2008) e "Aprendendo com Las Vegas" de Venturi, et al. ([1972] 2003) e que coincidem com o início da "crise de sentido ou crise de linguagem na arquitetura" (Frascari, 2006). Essa crise é considerada por diversos autores como a falta de uma arquitetura autêntica de uma época substituída por "galpões decorados" ou as citações estilísticas.

Neste artigo se faz um breve resgate do contexto histórico e dos fatores que podem ter contribuído para essa crise. Também elenca como estão sendo propostas alternativas para reverter essa situação, na teoria e na prática projetual, inclusive nas escolas de arquitetura.

2. A CRISE DA LINGUAGEM ARQUITETÔNICA: PASSAGEM DA MODERNIDADE PARA A CONTEMPORANEIDADE

O pensamento de progresso ao longo da história que predominava na modernidade estava balizado no processo de uma história unitária baseada no homem europeu (Vattimo, 1992). Guiada por esse pensamento e aliada ao contexto do pós-guerra é que se desenvolve a arquitetura moderna. A alta e urgente demanda de habitações e reconstrução das cidades destruídas pelos conflitos acaba resultando numa arquitetura racional e ligada ao desenvolvimento técnico e industrial.

Nesse contexto, a racionalidade era necessária, pois a reprodutibilidade possibilitava construir a baixos custos e em pouco tempo. Para isso estudos do "ser humano ideal" eram realizados (por exemplo o "Modulor" proposto por Le Corbusier) a fim de padronizar medidas e até projetar objetos, casas ("máquina de habitar" e início dos estudos antropométricos e ergonômicos oriundos da necessidade produtiva das indústrias) e cidades totalmente funcionais (por exemplo a proposta da "Carta de Atenas" escrita no IV Congresso Internacional de Arquitetura Moderna - CIAM de 1933 que determina que a cidade ideal deveria atender às atividades de habitar, trabalhar, recrear e circular).

O movimento moderno na arquitetura, todavia, nunca foi homogêneo. Seguia princípios básicos, mas era adaptável ao clima, materiais e modos de viver de cada lugar. Sua principal contribuição foi o método de projetar, que ao contrário dos revivalismos históricos ou dos pastiches, baseava-se na ideia de "gênio criador" da modernidade que ansiava pela originalidade (Vattimo, 1992) e, por isso, propunha uma contextualização espaço-temporal da arquitetura. Essa intenção da arquitetura moderna foi posteriormente distorcida na prática e na teoria da área, sendo vista, fora do contexto em que surgiu, como a simples busca da universalização da arquitetura.

A busca de uma arquitetura universal tornou-se o foco do que é conhecido por "estilo internacional", nome extraído da exposição organizada por Hitchcock e Johnson no Museu de Arte Moderna – MOMA, em Nova Iorque no ano de 1932. Essa exposição era composta por fotografias em preto e branco de obras com superfícies planas e formas puras. Críticos de história da arquitetura atentam-se para a aparente homogeneidade da exposição, que ignorou intencionalmente parte muito importante da produção arquitetônica da época como o expressionismo alemão, o neoplasticismo holandês ou o construtivismo russo.

É importante ressaltar que foi nessa época que os avanços tecnológicos nos meios de transporte e comunicação passam a facilitar a divulgação do que era produzido no mundo. Além das exposições mundiais e os CIAMs, surgiam inúmeras publicações de revistas de arquitetura que incentivam os debates sobre a teoria e crítica na área.

As publicações em arquitetura e urbanismo trazem muitas contribuições teóricas para a prática e para o ensino, mas com isso surge também o problema da análise puramente visual da arquitetura, que é de natureza espacial e deve ser vivenciada para uma experiência completa. Essa experiência parcial propiciada pelos meios de comunicação passa a dar um caráter erudito à arquitetura e reforça a concepção de genialidade do arquiteto. Além disso, há uma preocupação por parte dos arquitetos em projetar para esses especialistas, esquecendo-se de que o mundo é plural e que pode haver interpretações diferentes da arquitetura do que apenas o discurso do arquiteto, que a diversidade do ser humano e suas experiências podem determinar percepções distintas de um mesmo espaço.

O filósofo Karsten Harries (2006) faz uma crítica à objetividade e simultaneidade dos meios de comunicação de massa, dizendo que estes foram os principais responsáveis pela valorização das "máquinas de morar" corbusianas em detrimento aos "habitats" heideggerianos, os quais permitem que o homem se identifique com o lugar. Nesse mesmo sentido é que Vattimo discute sobre como os meios de comunicação em massa e a forma com que contribuem com uma "sociedade transparente" ou mais consciente de si, mas que muitas vezes ainda direciona e manipula os desejos, como no caso do "Grande Irmão" (Vattimo, 1992).

Apesar da consciência da multiplicidade da pós-modernidade, seu início na arquitetura juntamente com a necessidade da ruptura com a pureza formal do "estilo internacional" com a busca ao retorno do simbolismo (Venturi, et al., 2003) acaba gerando uma arquitetura não autêntica ou kitsch, utilizando o ornamento de forma descontextualizada, como é o caso de Las Vegas (Harries, 2006). É a partir dessa busca da dimensão simbólica da arquitetura que a teoria e a prática da arquitetura pós-moderna e contemporânea centram-se. Uma das correntes que defendem a busca de uma arquitetura para o lugar é o regionalismo crítico.

2.1 Contextualismo, *genius loci* e regionalismo crítico

Contextualismo em arquitetura é projetar de acordo com as preexistências. É considerar seu tempo, os materiais, tecnologias e mão de obra disponíveis, o clima e os costumes, e dessa forma contribuir para a identidade local. Dentre os arquitetos contextualistas destaca-se Norberg-Schulz (1979) que defende que cada lugar tem seu espírito próprio (*genius loci*) e que se deve considerar este espírito para dar significado à arquitetura. De acordo com o autor:

> Todo produto humano pode ser considerado um símbolo o um "instrumento" que possui a função de dar ordem (significado) a certas relações entre o indivíduo e seu entorno. A conduta não verbal depende tanto quanto a verbal de estruturas simbólicas sistemáticas. Seja que se empreguem gestos ou outros tipos de ações, de imagens ou de sons, é preciso ordená-los e conectá-los em um sistema que permita a necessária conservação e a transmissão dos significados experimentados. Tomados em conjunto, os sistemas simbólicos constituem a ordem comum que chamamos "cultura". Participar em uma cultura pressupõe que se sabe "como usar" seus símbolos mediante a percepção (experiência) e a representação (expressão) (Norberg-Schulz, 1983).

O regionalismo crítico não deve ser compreendido como um retorno à arquitetura vernacular, que seria a prática do o regionalismo romântico de acordo com Frampton (2006). De acordo com o autor o regionalismo crítico pode ser compreendido como a fertilização recíproca e reinterpretação entre uma cultura local e a civilização universal, como exemplo o trabalho de Álvaro Siza, que toma como ponto de partida a arquitetura de Alvar Aalto (Frampton, 2006).

> [...] Siza parece ter conseguido alicerçar seus edifícios na conformação de uma determinada topografia e na refinada especificidade do contexto local. Nesse sentido, seus projetos são respostas rigorosas ao tecido urbano e à paisagem litorânea da região do Porto. Igualmente importante é a extraordinária sensibilidade de Siza aos materiais locais, ao trabalho artesanal e, sobretudo, à sutil luminosidade da região – a sensibilidade a um tipo e filtragem e penetração da luz (Frampton, 2006).

3. EXPRESSÃO TECTÔNICA, MATERIALIDADE E DETALHE

A natureza da arquitetura é espacial, e somente pode ser compreendida quando vivenciada por meio da experiência do corpo, ou mais especificamente, dos sentidos (Merleau-Ponty, 2002). É a experiência multissensorial e gradual em uma obra de arquitetura que faz emergir seus significados. "Arquitetura é construção" já dizia Lúcio Costa (1995).

O primeiro fator a se analisar é este conflito entre a maneira como se percebe o mundo e a que se projeta. Antes do uso sistemático das representações gráficas como a perspectiva e as abstrações geométricas como formas de comunicar as características de um edifício não existia distinção entre o projetista e o construtor, o arquiteto criador era também o mestre de obras que gerenciava uma equipe de artesãos, que por sua vez eram dotados de conhecimento técnico e artístico. Por vezes o arquiteto passava toda a vida realizando uma única obra, ou até mesmo nunca a veria terminada.

Alguns acontecimentos como as destruições das grandes guerras e a industrialização aumentaram a demanda por edificações, e dessa forma, como em todas as áreas do conhecimento, os profissionais passam a se especializar em determinadas funções. Na arquitetura surge a função do arquiteto de prancheta que dominava a utilização sistemática

das representações gráficas, mas que cada vez se distanciava mais da construção. Na atualidade é dessa forma que ainda acontece em grande parte das obras e também no ensino da arquitetura.

A natureza espacial da arquitetura é frequentemente negligenciada durante o processo projetual dos arquitetos, isso porque muitas vezes foi assim que aprenderam. Se arquitetura é construção, então não se faz arquitetura nos ateliês de projeto? O estudante passa todo o período do curso de arquitetura e urbanismo ensaiando para um dia poder concretizar sua primeira obra. Essa é uma grande dificuldade da arquitetura e o que a diferencia das outras artes, devido à sua escala, custo, tempo de execução, e principalmente risco aos que irão habitá-la.

Este é um problema no ensino de arquitetura e urbanismo que reflete em todas as dimensões, na funcional, pragmática e simbólica (Malard, 2006). Para atenuar essa dificuldade algumas estratégias são adotadas, como os estágios curriculares, viagens de estudo, instalações artísticas temporárias e a construção de modelos físicos em escala, *mockups* e até mesmo protótipos para avaliação de algumas características.

Uma das estratégias possíveis para contribuir na construção do significado da obra arquitetônica é a retomada do projeto a partir de sua expressão tectônica, por conseguinte, a partir da concepção do detalhe como elemento gerador.

Marco Frascari (2006) defende o detalhe como unidade mínima geradora de sentido na arquitetura, explica que "cada detalhe conta a história de sua feitura, localização e dimensionamento" que o detalhe constrói significado a partir dessa narrativa das propriedades materiais e suas junções e conexões. Ainda de acordo com o autor o poder do detalhe é grandioso, pois pode conferir "ordem ao todo a partir de sua ordem própria".

Para Frascari (2006) o detalhe é um equilíbrio entre o tangível e o intangível na arquitetura, ou entre a materialidade da edificação (*construction*) e a atribuição de significado (*construing*). É a materialização de uma intenção. O detalhe como junção é essencial para o significado da arquitetura ou, como afirma Holl:

> A dimensão háptica da arquitetura é definida pelo sentido do tato. Quando a materialidade dos detalhes que formam um espaço arquitetônico se evidencia, a dimensão háptica é aberta. A experiência sensorial é intensificada e as dimensões psicológicas são atingidas (Holl, 2006).

É importante salientar a diferença entre detalhe e ornamento, enquanto o primeiro pode ser considerado a parte do todo (Gregotti, 2006), o ornamento é algo que se pode acrescer posteriormente sem que dependa diretamente da estrutura e dos materiais da construção.

São os detalhes como soluções projetuais que dão expressão singular à obra de determinado arquiteto ou às obras de uma região, ou até mesmo de uma única obra em seu contexto. Estes perdem a expressividade com a fragmentação do modo de produção arquitetônico e a reprodutibilidade sem compreensão do contexto da sua criação, dos materiais e mão de obra local de seu tempo.

Parte da perda de expressão tectônica dos detalhes está na formação do arquiteto, pois na maior parte das escolas de arquitetura brasileiras o detalhe é tratado como uma simples ampliação do projeto, como detalhamento de execução e etapa posterior à concepção.

Nesta ótica pedagógica, outro aspecto que reforça a crise da linguagem arquitetônica são os meios de representação, que são, em sua maioria, de natureza geométrica e, portanto, dão primazia ao sentido da visão em detrimento aos outros sentidos. Hoje em dia, isso se agrava quando se abre mão da construção do detalhe em escala para realizar construções virtuais que além de reduzirem a espacialidade da arquitetura a meras "imagens de retina" (Pallasmaa, 2011) deformam a noção de escala já que permitem aproximações sem alterar a complexidade das informações, ou seja, são ampliações e não detalhes.

> A consequência dessa ideia para a obra construída muitas vezes é a desagradável sensação de uma maquete ampliada, de uma falta de articulação em diferentes escalas: paredes que parecem feitas de papelão recortado, janelas e portas inacabadas, em suma, um relaxamento geral da tensão entre o desenho e o edifício construído (Gregotti, 2006).

O detalhe nem sempre será uma parte pequena, dependendo da escala qualquer elemento materializado intencionalmente que confere algum significado à obra pode ser um detalhe.

Existe hoje nos livros e principalmente na internet grande fonte de detalhamentos disponíveis, no entanto, isso não contribui de forma didática, e acaba mecanizando a produção arquitetônica com imitações que muitas vezes são soluções adequadas apenas à um determinado contexto e quando adaptados para outro, perdem o significado e a autenticidade.

Além de uma boa comunicação dos detalhes por meio de desenhos, é de suma importância o acompanhamento da obra pelo arquiteto, pois os meios de representação podem ainda ser mal interpretados e executados de forma errônea. É muito usual também quando a solução projetual do detalhe dada pelo arquiteto é incomum ou desconhecida pelos construtores, estes simplesmente acreditem que é um erro de representação ou um momento de falta de lucidez do arquiteto e executam da forma que eles compreendem como correta.

O método de verificação dos detalhes utilizado por Carlo Scarpa em suas obras, por exemplo, era vistoriá-las durante a noite com uma lanterna, para evitar que o todo influenciasse sua visão do detalhe (Frascari 2006). Na obra de Scarpa a experiência espacial e as formas de representação acontecem em paralelo e não por acaso é um dos arquitetos mais reconhecidos por sua linguagem própria e domínio da construção.

Outra armadilha do mercado da arquitetura que contribui para a perda de seu significado é o simulacro da materialidade através de materiais que possuem características visuais de outros, como porcelanatos que imitam madeira, papéis de parede com padrões de tijolos, telhas de plástico imitando cerâmica, entre outros. Apesar de semelhanças estéticas, as características técnicas e, sobretudo, sensoriais são bastante diversas dos originais, como, por exemplo, o som ao caminhar e a temperatura do porcelanato são distintas dos da madeira. Holl faz uma analogia dos simulacros da arquitetura com os sabores artificiais dos alimentos:

> A percepção total dos espaços arquitetônicos depende muito da dimensão háptica do material e do detalhe, assim como o gosto de uma refeição depende dos sabores de ingredientes autênticos. Como se pode imaginar sendo condenado a comer apenas alimentos artificialmente saborizados – também na arquitetura a artificialidade constituída se impõe (Holl, 2006).

4. REFLEXÕES

No que concerne ao significado da arquitetura resgatou-se brevemente como essa dimensão simbólica foi perdida com a tentativa de universalização da arquitetura que fez emergir a "crise da linguagem arquitetônica" (Frascari 2006; Pallasmaa, 2006) em contraposição a diversos arquitetos que projetam conforme as especificidades locais criando espaços com atmosferas (Zumthor, 2006) ou *genius loci* ou espírito do lugar de Norberg-Schulz (1979) dando expressão tectônica às suas obras por meio da materialidade e do detalhe.

Dessa forma, defende-se que a qualidade espacial da arquitetura está diretamente relacionada com os procedimentos utilizados no processo de projetual, ou seja, as intenções do arquiteto, quando balizadas pela experiência do espaço vivenciado respeitam a natureza da arquitetura, pois "A experiência é, [...], origem e finalidade do projeto arquitetônico [...]" (Bula, 2015).

É a materialidade e o detalhe da obra de arquitetura que confere sua dimensão simbólica. A natureza espacial da arquitetura não pode ser reduzida a experiências visuais passivas, mas para compreender uma obra de arquitetura se deve vivenciá-la. A experiência é gradual e o que intensifica seus significados são os detalhes, pois eles contam histórias. Os métodos de representação e comunicação devem ser mais aproximados possíveis da tatilidade (haptcidade) e o detalhe deve ser elemento gerador desde a fase de concepção da obra, retomando seu significado e expressão tectônica.

5. REFERÊNCIAS

Bula, N. N., 2015. *Arquitetura e fenomenologia: qualidades sensíveis e o processo de projeto*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – UFSC, Florianópolis, 2015.

Costa, L., 1995. *Lucio Costa: registro de uma vivência*. São Paulo: Empresa das Artes.

Frampton, K., 2006. "Perspectivas para um regionalismo crítico". In: Nesbitt, K. (org). *Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)*. São Paulo: CosacNaify. Pp.503-520.

Frascari, M., 2006. "O detalhe narrativo." In: Nesbitt, K. (org). *Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)*. São Paulo: CosacNaify. Pp.538-557.

Giedion, S., 2008. *Space, time & architecture: the growth of a new tradition*. London: Harvard University Press.

Gregotti, V., 2006. "O exercício do detalhe." In: Nesbitt, K. (org). *Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)*. São Paulo: CosacNaify. Pp.535-539.

Harries, K., 2006. "A função ética da arquitetura." In: Nesbit, K. (org.). *Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)*. São Paulo: Cosac Naify, 2006. Pp. 423-427.

Holl, S., 2006. "Detail: the haptic realm." In.: Holl, Steven; Pallasmaa, Juhani; Pérez-Gómez, Alberto. *Questions of perception: phenomenology of architecture*. San Francisco: Willian Stout Publishers. Pp.90-92.

Malard, M. L., 2006. *As aparências em arquitetura*. Belo horizonte: Ed. UFMG.

Merleau-Ponty, M., 2002. *Phenomenology of perception: an introduction*. New York: Routledge.

Norberg-Schulz, C., 1979. *Genius Loci: towards a phenomenology of architecture*. New York: Rizzoli.

Norberg-Schulz, C., 1983. *Arquitectura ocidental: la arquitectura como historia de formas significativas*. Barcelona: Gustavo Gili.

Pallasmaa, J., 2006. "A geometria do sentimento: um olhar sobre a fenomenologia da arquitetura." In: Nesbitt, K. (Org). *Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica (1965-1995)*. São Paulo: Cosac Naify. Pp.481-489.

Pallasmaa, J., 2011. *Os olhos da pele: a arquitetura e os sentidos*. Porto Alegre: Bookman.

Vattimo, G., 1992. *A Sociedade Transparente*. Lisboa: Relógio D'água.

Venturi, R.; Scott-Brown, D.; Izenour, S., 2003. *Aprendendo com Las Vegas: o simbolismo (esquecido) da forma arquitetônica.* São Paulo: Cosac & Naify.

Zumthor, P., 2006. *Atmosferas*. Barcelona: Gustavo Gili.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material publicado neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

URBANISMO ROMANO: A EXPANSÃO DO TRAÇADO VIÁRIO NA CIDADE DE ROMA

Ana Paula Zagonel
Ivone Zinkiewicz
Milena Bagatini Coppi
Renata de Barros
Ivana Karine Aver
URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Uri Campus de Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621, bairro Fátima.
aninha_zagonel@hotmail.com
ivone_210@hotmail.com
milenacoppi@hotmail.com
renata.debarros@yahoo.com.br
ivanakarine@yahoo.com.br

Resumo. *O urbanismo ganhou força após a Revolução Industrial, pois havia a necessidade de encontrar soluções para o caos que existia nas cidades da época. Atualmente, o planejamento urbano é cada vez mais necessário, devido ao crescimento massivo das cidades e a necessidade de espaços alternativos demandados; Isto tem como resultado, fatores importantes para resolver, como facilitar o movimento das pessoas nas cidades com o aumento de vias públicas, uma melhor comunicação entre bairros e espaços adequados para os diferentes tipos de transportes - como para sua quantidade. Dentro desse contexto, foram analisadas questões referentes ao urbanismo desde os princípios de sua criação; o urbanismo no Império Romano, e o traçado viário da cidade de Roma, trazendo situações da época, quando houve o surgimento das primeiras estradas, cuidadosamente projetadas e construídas com intuito de beleza, utilidade e durabilidade.*

Palavras-chave: *Urbanismo, Traçado viário, Planejamento Urbano, Império Romano.*

1. INTRODUÇÃO

Dispersas por três continentes, com particularidades próprias segundo a região e a sua antiguidade, as cidades romanas partilharam, no entanto, um padrão urbanístico comum. A organização das novas cidades implantadas pelo Império Romano seguiu um cuidadoso planejamento retilíneo e racional, articulando-se a partir de duas ruas principais, o cardo (norte-sul) e o decumanos (leste-oeste), que normalmente convergiam na praça pública chamada Fórum – centro administrativo e religioso – no coração da cidade.

Todas são reconhecíveis pelo seu Fórum, suas calçadas de pedra, pelo formato das casas e as termas. As cidades romanas mostram o desejo de monumentalidade, erguendo templos maravilhosos e aquedutos colossais. Enfim, todas, apesar das diferenças, seguem o mesmo modelo: Roma, o berço do Império, a cidade por excelência. (Padronização..., 2011)

Contudo, Roma foi sempre um caso à parte em termos de planificação urbanística, quer pelo seu gigantismo, quer pela forma, um pouco anárquica como foi crescendo.

2. URBANISMO

O termo "urbanismo" foi empregado, especificadamente, por diversos autores quando surgiu a Teoria General de la Urbanización, escrita pelo engenheiro Ildefonso Cerdá. A partir de então, surgiram outras versões; como a de Gaston Bardet, que em 1910, na França, no Bulletin de la Societé Geographique, para denominar uma "nova ciência". No mesmo ano, em um congresso em Londres, teria sido utilizado pela primeira vez o termo urbanismo.

Urbanismo é uma técnica de sistematizar as cidades e planejá-las, disciplinando o crescimento oriundo das migrações. A demanda por infraestrutura, serviços, abastecimento e melhora da qualidade de vida, com o objetivo de estabelecer condições satisfatórias nos centros urbanos. Visa buscar transformações necessárias para a realidade desordenada das cidades.

.

> *"Urbe* = cidade. Cidade e *urbe* não foram sinônimas no mundo antigo: cidade era a aglomeração das famílias e tribos; e a *urbe* era o local sagrado de reunião, o santuário destes povos. Roma exemplifica uma *urbe* totalmente planejada." (Gonçalves Jr. et. al., 1991)

2.1 O Império Romano e a Urbanização

Império é o sistema no qual o poder político estava nas mãos de uma única pessoa, o imperador. O Império Romano começou em 27 a.C. e terminou em 746 d.C. Considerado a maior civilização da história, e possuindo a mais vasta expansão territorial do mundo antigo, estabelecia uma interligação entre a Europa, a Ásia e a África. Seis milhões de habitantes estavam sob domínio do Império Romano e a cidade de Roma contava com um milhão de habitantes.

Os romanos foram excelentes construtores, mas também homens práticos e muito organizados. Essas características são bem evidentes no urbanismo. Antigamente, não eram valorizadas as obras artísticas, arquitetônicas e de desenho urbano dos romanos, pois argumentavam ser cópia dos gregos. A partir da obra mais completa da antiguidade, *"De Arquitectura",* escrita por Vitrúvio, entre 27 a 16 a.C, é feita uma regulamentação urbana; criam-se leis, regras, obrigações, etc. É o único tratado europeu do período greco-romano que chegou aos nossos dias e serviu como fonte de inspiração. As cidades que construíram por todo Império obedeciam a uma planificação rigorosa e geométrica, herdada e aprimorada a partir da criação grega. No centro das cidades situava-se o Fórum (praça principal), onde se cruzavam duas vias perpendiculares – Cardo e Decumanos.

Aquedutos, pavimentos e pontes, serviços de incêndio, entre outros, foram técnicas refinadas que os romanos souberam usar de maneira avançada e com objetivo de atender toda a "demanda" da população. A criação de uma administração para a civilização urbana em toda Europa, a oeste do Reno e do Danúbio, foi uma conquista relevante ao vasto Império. "Logo após a invasão dos povos bárbaros – vindos do norte e do leste da Europa – encerrou-se o período da história conhecido como Antiguidade, e teve início a Idade Média, caracterizada por um retrocesso da urbanização." (UOL Educação, 2011)

Às margens do território etrusco forma-se a cidade de Roma; uma pequena potência que cresce até dominar todo o mundo mediterrâneo. "Roma não é uma capital escolhida, mas uma capital obrigada, porque o Império nasce da ampliação de uma cidade-Estado, o enorme alargamento do território, pois, faz com que a cidade cresça, mas não lhe tira o caráter original, casual e particular: é uma aldeia que se torna, pouco a pouco, uma cidade mundial."(Roma..., 2013)

Ovídio (Fastos II, 683-84) exprime este pensamento: "Aos outros povos foi conferida uma parte especial da terra. Para os romanos o espaço da cidade coincide com o espaço do mundo".

2.2 Traçado viário da Cidade de Roma

As estradas romanas foram consideradas monumentos na antiguidade. As cidades, originalmente, tinham traçado orgânico; No decorrer de alguns séculos, os romanos construíram uma eficiente rede de estradas que se estendia por mais de 85 mil quilômetros, numa área hoje ocupada por mais de 30 países. Composta por ruas tortuosas, quase sempre estreitas ou estreitíssimas: os itinera, acessíveis somente aos pedestres; os actus, onde passa somente um carro por vez; as viae, onde dois carros podem cruzar-se ou ultrapassar-se. As viae são apenas duas na parte central da cidade. (Benevolo, 2001)

A primeira importante *via publica*, ou estrada, conforme seria chamada hoje, foi a Via Ápia. Conhecida como rainha das estradas, ela ligava Roma a Brundisium (hoje Brindisi), a cidade portuária que era a passagem para o Leste. Roma também era servida pela Via Salaria e Via Flamínia, que se estendiam ao leste em direção ao mar Adriático, abrindo caminho para os Bálcãs e para as regiões do Reno e do Danúbio. A Via Aurélia ia para o norte em direção à Gália e à península Ibérica; e a Via Ostiensis, em direção a Óstia, o porto preferido de Roma para viagens à África. Segundo as leis das Doze Tábuas, elas deveriam ter uma largura máxima de 4,80 metros, e em alguns casos chegavam a 6,50 metros. Para todo o resto da cidade, a lei prescreve que as ruas tivessem pelo menos 2,90 metros de largura. (Estradas..., 2006)

As estradas foram cuidadosamente projetadas e construídas para serem sólidas, úteis e bonitas. O ideal era que ligassem o ponto de partida ao destino pelo trajeto mais curto possível, o que explica o motivo de muitas terem longos trechos retos.

Com o grande crescimento das cidades, esse traçado se torna insuficiente para a metrópole que vem se tornando. Roma passa por grandes transformações, que ocasionaram diversos problemas urbanos. O aumento populacional, e a grande circulação de produtos torna quase impossível o trânsito em ruas estreitas. "No período do Imperador Júlio Cesar, é proibida a circulação de carros desde a alvorada até o por do sol, salvo os dos empresários da construção ou oficiais". (Benevolo, 2001)

O local de trabalho de diferentes profissionais, como barbeiros, ferreiros, etc, era a rua. Estes faziam das vias públicas o balcão de exposição de suas mercadorias. Nesses locais, disputavam espaços com carruagens, liteiras (cadeiras para transportar os ricos) utilizados pela elite romana, saltimbancos (atores que se apresentavam nas ruas) e até adestradores de animais.

A falta de banheiro na maioria das habitações, fazia com que os moradores jogassem todo dejeto pelas janelas, nas ruas, ocasionando brigas, mau cheiro nas vias públicas e graves problemas de saúde nos citadinos. (Carvalho, 20??)

> "O esforço tecnológico para fazer funcionar esta grande cidade depende, naturalmente, da estabilidade política do império, e falta quando o império entra em crise. (...) Começa assim a transformação da cidade antiga em cidade moderna. Roma moderna começa a viver como uma cidade de fortuna nas zonas livres da capital antiga, entre as ruínas dos grandes edifícios públicos". (Benevolo, 2001)

Em relação a pavimentação, as estradas repousam sobre um calçamento artificial de pedras batidas, cobertas com saibro cada vez mais fino e revestido com um manto de pedras chatas poligonais. Nos locais onde existe relevo demais acidentado, cortam-se as rochas, de modo que a estrada possa ser reta e plana. A passagem de cursos de água exige a construção de pontes de pedra ou madeira (muitas destas pontes ainda estão funcionando). (Benevolo, 1993)

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os romanos planejavam as cidades tendo em vista satisfazer as necessidades religiosas e administrativas. Buscavam aperfeiçoar as técnicas construtivas para que as obras tivessem grande durabilidade. As estradas eram de extrema importância para facilitar a passagem de tropas e suprimentos através de veículos com rodas. Nelas, buscavam ao máximo diminuir o tempo de percurso de um ponto ao outro do deslocamento, tendo trechos inteiramente retos.

Os mais antigos modelos na construção de estradas, sendo que algumas ainda são conservadas, os Romanos deixaram um grande legado para o urbanismo.

4. REFERÊNCIAS

Benevolo, L., 2015. *História da cidade*. 6 ed. São Paulo: Editora Perspectiva S.A.

Carvalho, L. (20??). *Roma antiga e seus problemas urbanos*. Brasil Escola. 20 junho 2017. <http://brasilescola.uol.com.br/historiag/roma-antiga-seus-problemas-urbanos.htm>

Estradas romanas: *Monumentos à antiga engenharia*. 20 junho 2017. <https://wol.jw.org/pt/wol/d/r5/lp-t/2006764>

Gonçalves Jr., A. J., Sant'anna, A. Carstens, F. R. S.B., Fleith, L. 1991. *O que é urbanismo*. 1 ed. São Paulo: Editora Brasiliense S/A.

Ovídio, 2015. *Fastos II*. 1º ed. São Paulo: Editora Autentica Clássica

Padronização do urbanismo. 20 junho 2017. <http://civilizacaoromanaabd.blogspot.com.br/2011/12/padronizacao-do-urbanismo.html>.

Roma: Morfologia das cidades. 18 setembro 2017. <http://imperio-romano0.webnode.com/news/roma-morfologia-das-cidades>

UOL Educação*: História e problemas da urbanização*. 20 junho 2017 <http://seligageografia.blogspot.com.br/2011/05/historia -e-problema s-da-urbanizacao.html>

5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material publicado neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ACESSIBILIDADE EM BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS

Roberta Gazolla Ferrarese
Universidade Regional Integrada Do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Erechim
Campus II, RS 331, n° 345, CEP 99700-000, Erechim/RS
robertaferrarese@hotmail.com
Sara Roesler
Universidade Regional Integrada Do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Erechim
Campus II, RS 331, nº 345, CEP 99700-000, Erechim/RS
sararoesler@gmail.com
Darllan Fabiani da Silva Santos
Universidade Regional Integrada Do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus de Erechim
Campus II, RS 331, nº 345, CEP 99700-000, Erechim/RS
darllanfabiani@gmail.com

Resumo

Partindo do tema Acessibilidade em Bibliotecas Universitárias, o presente artigo apresenta um estudo de caso com o objetivo de refletir sobre a acessibilidade nestes ambientes. O Brasil possui 45,6 milhões de pessoas com alguma deficiência, o que representa 23,91% da população, segundo os dados do IBGE (2010), o que fortalece a importância e os estudos nessa temática. Neste estudo, foram identificadas e descritas barreiras físicas na biblioteca do Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Das Missões – URI Erechim. O estudo foi centrado na análise da acessibilidade da biblioteca deste Campus, observando as normativas da Associação Brasileira de Normas técnicas, mais especificamente NRB 9050 (2015). Esta pesquisa encontra resultados como possibilidades de melhoria que tornem a inclusão realidade nas bibliotecas universitárias.

Abstract

Starting from the theme Accessibility in University Libraries, the present article presents a case study with the objective of reflecting on the accessibility in these environments. Brazil has 45.6 million people with a disability, which represents 23.91% of the population, according to data from IBGE (2010), which strengthens the importance and studies in this area. In this study, physical barriers were identified and described in the Campus II library of the Integrated Regional University of Alto Uruguai and Das Missões - URI Erechim. The study focused on the accessibility of the library of this Campus, observing the regulations of the Brazilian Association of Technical Standards, specifically NRB 9050 (2015). This research finds results as possibilities for improvement that make inclusion a reality in university libraries.

Palavras-chave: *acessibilidade; ensino superior; biblioteca universitária; inclusão; barreiras físicas.*

1.INTRODUÇÃO

Percebe-se que algumas pessoas deixam de frequentar certos ambientes quando dificuldades relacionadas à inclusão e acessibilidade são encontradas. O autor Covas (2003) destaca que a participação dessas pessoas em instituições de ensino, mesmo tendo sistemas de cotas e outros programas voltados à inserção desses estudantes, portadores de deficiências, poucos conseguem concluir integralmente as etapas de cada formação. O número é ainda maior em espaços universitários, o que dificulta a vida social e acadêmica. Serviços e produtos devem estar disponíveis e acessíveis, a qualquer pessoa, inclusive no âmbito das bibliotecas universitárias, respeitando assim as diferenças e contribuindo para uma sociedade inclusiva.

Alunos especiais necessitam de atendimento e acessibilidade arquitetônica adequados para que eles possam frequentar estes ambientes com autonomia, realizando suas buscas e acessando a informação. As Universidades devem estar atentas e dispostas a estas mudanças. Desta forma, os estudantes poderão ser inseridos no ambiente acadêmico.

Esta atenção deve ser dada não somente às mudanças das tecnologias da informação e comunicação (TICs) que afetam diretamente o universo das bibliotecas e os profissionais bibliotecários, como também aos usuários das bibliotecas, suas particularidades, sua historicidade, seu comportamento e o contexto no qual estão inseridos (Cunha, et ai., 2015).

O engajamento dos bibliotecários para contribuir com a sociedade inclusiva, concretizando a acessibilidade e inclusão de alunos com deficiência nas bibliotecas, se faz por meio de ações como: identificar fragilidades no atendimento aos usuários com deficiência; propor aquisição de tecnologias para a acessibilidade informacional; eliminar barreiras arquitetônicas/físicas que possam impedir e/ou dificultar a locomoção dos usuários com deficiência física ou mobilidade reduzida, dentre outras (Silva, et ai., 2014).

Cada indivíduo tem características próprias e isso não deve ser motivo para prejudicar ou excluir no uso dos espaços públicos e serviços que são prestados para os cidadãos. Não basta apenas adequar ambientes e cidades. É preciso mudar condutas, posturas e atitudes sociais para que as pessoas com deficiência possam viver com dignidade, como enfatiza Celina Camargo Bartalotti (2006, p. 51) quando retrata que nos dias atuais, deve-se pensar na inclusão como uma possibilidade, embora não como uma realidade pois há um grande caminho a ser percorrido e, principalmente, compreender que o verdadeiro pensamento inclusivo é aquele que não caracteriza as pessoas por ordem de valor, valor esse atribuído através de estereótipos, estigmas, conhecimentos instituídos mas sim pensar que inclusivamente é aprender a olhar cada pessoa e buscar nela seu valor real.

2.MÉTODOS

Para investigar e refletir sobre a acessibilidade nas bibliotecas universitárias, buscou-se identificar e descrever barreiras físicas na biblioteca do Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Das Missões – URI Campus Erechim e apresentar possíveis intervenções a serem realizadas. O estudo baseou-se na coleta de dados, centrou-se na análise das condições arquitetônicas da unidade que compõe este Campus, observando as normativas da Associação Brasileira de Normas.

3.RESULTADOS

3.1BIBLIOTECA INCLUSIVA

É na Universidade que se dá a capacitação de indivíduos. Ali eles adquirem e aplicam seus conhecimentos. Por isso, deve ser um espaço que possa receber de forma democrática a todos, respeitando e incluindo, independentemente de suas diferenças.

Segundo a Norma Brasileira NBR 9050- (Brasil, 2004, p. 2) acessibilidade arquitetônica "é a possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização com segurança e autonomia de edificações, espaço, mobiliário, equipamento urbano e elementos". Possibilitando que todas as pessoas com qualquer que seja as suas dificuldades possam frequentar os espaços desejados. A norma teve a sua primeira edição em 1994, sendo modificada em 2004 e apresentando uma versão corrigia em 2005, a qual tem como foco tornar os ambientes acessíveis para todos, principalmente para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, idosos, obesos e gestantes. O objetivo da Norma é estabelecer critérios para que as construções, instalações e adaptações de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos sejam projetados e construídos dentro das normas de acessibilidade, para que qualquer pessoa, independente de idade, estatura ou limitação de mobilidade possa utilizar de forma independente e segura do ambiente. (Brasil, 2004).

Santos (1997) compreende que a acessibilidade está vinculada ao conceito de mobilidade com autonomia, fundamentada no direito universal. Desse modo, é fundamental uma "arquitetura acessível", voltada para que todas as pessoas tenham condições de ir e vir livremente.

Para garantir a qualidade na educação, a NBR 9050 especifica e orienta o mobiliário ideal e os espaçamentos para receber de forma correta os estudantes com deficiência. Ela traz que deve ter uma rota acessível que o leve até a biblioteca. Recomenda-se também que o mobiliário seja acessível para aproximação e manobra. Pelo menos 5%, com no mínimo uma das mesas, devem ser acessíveis. Recomenda-se, além disso, que pelo menos outros 10% sejam adaptáveis para acessibilidade. Deve ser assegurada altura livre sob o tampo de no mínimo 0,73 m, com profundidade livre mínima de 0,50 m, de modo que a P.C.R. tenha a possibilidade de avançar sob a mesa ou superfície.

Já quanto a largura livre nos corredores entre estantes de livros, ela deve ser de no mínimo 0,90 m de largura. A altura dos fichários deve atender às faixas de alcance manual e parâmetros visuais. As bibliotecas devem garantir recursos audiovisuais, publicações em texto digital acessível e serviço de apoio.

3.2ESTUDO DE CASO

No Campus II da URI Campus Erechim, verifica-se que o acesso da biblioteca se dá pelo elevador de uso comum a todos estudantes. O ambiente oferece condições de ser usado de maneira eficiente e confortável, com o mínimo de fadiga muscular do usuário. Entre as prateleiras há espaço correto para passagem.

Há acessibilidade física de um espaço para consulta. Há acessibilidade para um cadeirante se este vier a precisar consultar os materiais audiovisuais que se encontram no local.

A biblioteca possui computadores (terminais) de consulta ao acervo, e quanto ao uso do terminal pelo aluno cego, este não consegue utilizá-lo sozinho para realizar suas pesquisas. Necessitará de ajuda de bibliotecária.

Quanto às mesas de estudo e de trabalho em grupo, respeitam as medidas indicadas pela norma, exceto em largura indicada. As mesas ou superfícies de trabalho acessíveis devem possuir tampo com largura mínima de 0,90 m e altura entre 0,75 m e 0,85 m do piso acabado, assegurando-se largura livre mínima

Figura 01

A biblioteca possui também dimensão e espaço apropriado para aproximação, alcance, manipulação e, para o alcance de livros mais altos, um banquinho fig. 02 que facilita o alcance.

Figura 02

O balcão de atendimento acessível está facilmente identificado e localizado em rota acessível, garantindo a correta aproximação frontal. Garante ainda o giro de 180° à P.C.R. Percebe-se que o atendimento se dá de forma facilitada pela acessibilidade arquitetônica deste espaço.

Figura 03

Quanto à iluminação, ela está bem distribuída assegurando que a face do atendente seja uniformemente iluminada.
Conforme fig. 04 está correto o dispositivo de passagem com vão livre maior de 0,80m de largura
Não se verificou obstáculos que obstruíssem a passagem. Porém, observa-se ausência do piso tátil.

Figura 04

A sinalização tátil é uma necessidade para as pessoas cegas, pois ela indica e alerta aos cegos o caminho e os obstáculos à sua frente. Na Universidade investigada a sinalização piso tátil está sinalizada apenas na área externa e não leva os usuários cegos ao bibliotecário de referência, nem ao setor de empréstimos, nem aos espaços de estudo em grupo ou individual, ou até mesmo até as estantes.

Para os usuários cadeirantes, as barreiras são mínimas deixando o espaço bem acessível. A biblioteca visitada não deixa a desejar no aspecto de autonomia para estes usuários. Porém ainda existem algumas mudanças necessárias como é o caso de melhorias para a inclusão do estudante cego também.

4.CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa abordou um assunto de grande importância, a inclusão de alunos com deficiência no ensino superior. Porém, aprofundou-se ainda mais, abordando-os como usuários e possíveis barreiras das bibliotecas universitárias.

Observa-se a necessidade de se colocar no lugar do outro, principalmente no lugar de um sujeito com características bem específicas que é o grupo de estudantes com deficiência, e verificar que o usuário com deficiência não recebe as mesmas condições de igualdade, autonomia e acessibilidade em inúmeras situações. Mas, ao mesmo tempo que se

identifica a dificuldade, sabe-se que as Universidades estão buscando adequar-se para que isso se transforme e que possam disponibilizar ambientes capazes de recebê-los de forma adequada.

A instituição de ensino superior tem a responsabilidade de incluir em seus espaços as pessoas com as mais variadas características que posteriormente estarão no mercado de trabalho, inclusive tratando-se das bibliotecas universitárias. Portanto, cabe às bibliotecas universitárias a eliminação de diversas barreiras como a arquitetônica para pessoas com deficiência física e/ou mobilidade reduzida, sinalização em Braille e piso tátil para os cegos, terminais de consultas com programa de voz e com monitores maiores, incluindo o teclado em Braille, informações em tamanhos ampliados para pessoas com baixa visão, equipe treinada para auxiliar os usuários, conhecimento em Libras, dentre outros, para que o usuário possa utilizar a biblioteca de forma adequada. Percebeu-se que a Instituição citada neste artigo tem levado a sério esta questão, colocando em prática melhorias que tornam desde a chegada do estudante guiada e confortável através do piso tátil, como também quando torna acessível sanitários e todos os espaços cabíveis no Campus. Com isso, tem-se a certeza de melhorias que a Instituição tem feito para melhor receber estes alunos apesar de o caminho ainda ser longo.

5.REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS

Covas, C. A.; Akashi, L. T. ; Garcia, M. A, 2003. “Avaliação Da Qualidade Dos Espaços Urbanos Sob O Ponto De Vista Das Pessoas Com Deficiência”. Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 5-20.

Cunha, M. B. da; Amaral, S.A. do; Dantas, E. B, 2015. “Manual de estudos de usuários da informação”. São Paulo: Atlas.

Silva, R. A. Costa, M. K. A. Crivellari, H. M. T. “A formação do bibliotecário para atuar na sociedade inclusiva”. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIENCIA DA INFORMAÇAO, 15, 2014, Belo Horizonte. *Anais*. 20 maio de 2017. <http://enancib2014.eci.ufmg.br/documentos/anais/anais-gt6>.

Bartalotti, Celina Camargo, 2006. “Inclusão social das pessoas com deficiência: utopia ou possibilidade?” São Paulo: Paulus.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9050**:**
acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 2.ed. Rio de
Janeiro, 2004. 05 de junho de 2017. <http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield_generico_imagens-filefield-description%5D_24.pdf>.

Santos, M.R, 1997. Apresentação. In: BRASIL. Ministério da Educação e Desporto. “Portadores de deficiências físicas: acessibilidade e utilização dos equipamentos escolares”. Brasília. Programa de Educação Básica para Nordeste. p. 5

ABCM, 2004. “Journal of the Brazilian Society of Engineering and Mechanical Sciences”. 1 Feb. 2007 <http://www.abcm.org.br/journal/index.shtml>.

Clark, J.A., 1986. *Private Communication*. University of Michigan, Ann Harbor.

de Oliveira, L.P.R. and Melo, F.X., 2013. “Tpa as a tool for the desing of active noise control”. In *Proceedings of the International Symposium on Dynamic Problems of Mechanics - DINAME2013*. Buzios, Brazil.

Lee, Y.B., 2003. *Studies on the growth of the frost layer based on heat and mass transfer through porous media*. Ph.D. thesis, Seoul National University, Seoul.

McConnell, K.G. and Varoto, P.S., 2008. *Vibration Testing: Theory and Practice*. John Wiley & Sons, New Jersey, 2nd edition.

MLA, 2004. “How do I document sources from the web in my works-cited list?” Modern Language Association. 22 Feb. 2007 <http://www.mla.org>.

Rodriguez, O.M.H., Mudde, R.F. and Oliemans, R.V.A., 2006. “Stability analysis of slightly-inclined stratified oil-water flow and intermediate wave theory”. In *Proceedings of the 11th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering - ENCIT2006*. Curitiba, Brazil.

Trindade, M.A. and Benjeddou, A., 2011a. “Finite element homogenization technique for the characterization of d15 shear piezoelectric macro-fibre composites”. *Smart Materials and Structures*, Vol. 20, p. 075012.

6.AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ERECHIM: O DESPERTAR DA CONSCIENTIZAÇÃO

Roberta Grendene
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus de Erechim.
rgrendene@uol.com

Luiz Gilberto Júnior
Universidade Federal da Fronteira Sul UFFS – Campus Erechim.
luizjunior.04@hotmail.com

Mateus Zagonel
Universidade de Passo Fundo UPF – Campus Passo Fundo.
zagomatt@outlook.com

Resumo. *O presente artigo busca a conscientização e a sensibilização quanto a preservação e valorização do patrimônio construído na cidade de Erechim-RS, através de um processo de conhecimento de sua história, de um movimento de resgate tanto de sua memória como do potencial arquitetônico existente. Nesse sentido, faz-se necessária a reflexão a respeito de como chegar à conscientização da sociedade e resgatar sua memória.*
O objetivo deste trabalho é sugerir alternativas que poderão levar ao reconhecimento da população da cidade em relação à preservação do patrimônio. Serão propostas ações de modo a despertar a vontade de preservar o que ainda existe, fazendo com que se descubra a necessidade de buscar no passado elementos que provoquem emoções valorizem a cultura, despertando a verdadeira identidade da cidade. Procura-se também resgatar o que sobreviveu à demolição (elementos da antiga Igreja Matriz São José) e assim redescobrir os elementos que compunham a edificação, levando a história ao conhecimento da população e resgatando sua memória. O desenvolvimento da pesquisa é embasado em dados históricos, acervos fotográficos e bibliográficos, além de pesquisas de campo com caráter investigativo.
É preciso um tempo de aprendizagem e assimilação do significado de Patrimônio Cultural e para que isto ocorra, as propostas sugeridas devem ser colocadas em prática para que se consiga futuramente, uma cultura de Educação Patrimonial. O passado é um processo de transformação e havendo equilíbrio entre o antigo e o novo, estes podem conviver lado a lado a fim de contar uma história.

Palavras-chave: *Memória, Patrimônio histórico, Identidade, Imaginário coletivo.*

1. Introdução

O tema a ser abordado neste artigo busca a conscientização e a sensibilização quanto à preservação e valorização do patrimônio construído na cidade de Erechim, através de um processo de conhecimento de sua história, de um movimento de resgate tanto de sua memória como do potencial arquitetônico existente No município, com aproximadamente cem mil habitantes, é constante o descaso em relação a assuntos voltados a patrimônio, preservação e, principalmente resgate da memória perdida. Apesar da existência e das ações do Conselho Municipal de Patrimônio Histórico Artístico e Cultural, apenas uma edificação é tombada pelo Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Estadual - o IPHAE e outros tantos, onde se podem reconhecer traços marcantes de determinados estilos arquitetônicos, estão abandonados, sofrendo intervenção indevida, outros já desapareceram ou correm o risco do desaparecimento.

Portanto, é notório que a discussão acerca do patrimônio ainda está bastante distante da sociedade de modo geral. A escolha deste tema se deu a partir da necessidade de fazer com que a população veja a cidade com olhos mais atentos - com olhos de admiração e respeito. Conhecer o lugar onde se vive e sua trajetória é essencial para se chegar ao sentimento de pertencimento. Nesse sentido, faz-se necessária a reflexão a respeito de como chegar à conscientização da sociedade e resgatar sua memória.

A intenção deste trabalho é sugerir alternativas que poderão levar o reconhecimento da sociedade em relação à preservação do patrimônio. Serão propostas ações concretas e objetivas, de modo a despertar na população a vontade de preservar o que ainda existe, fazendo com que a sociedade descubra a real necessidade de buscar no passado elementos que provoquem emoções e consequentemente, valorizem a cultura e as raízes, despertando desse modo a verdadeira identidade da cidade.

Voltando os olhos para o passado, destaca-se o ano de 1969, quando Erechim possuía uma igreja com traços do estilo Barroco. Nesse mesmo ano, esta foi demolida, "sem perdão", numa evidente demonstração de desrespeito ao passado. Em função disso, um dos objetivos é fazer com que a história da antiga Igreja Matriz São José volte a estar

presente no imaginário coletivo, fazendo com que as pessoas, principalmente os jovens que não a conheceram, questionem-se quanto à sua perda.

Neste trabalho, procura-se também resgatar o que sobreviveu à demolição e assim redescobrir os elementos que compunham a edificação, levando a história ao conhecimento da população e resgatando a memória: o que ela foi, o que hoje representa e o que poderá vir a representar futuramente. Os métodos utilizados para se chegar a estes objetivos foram o estudo com enfoque na pesquisa em fontes de papel (pesquisa bibliográfica, dados históricos, acervos fotográficos, artigos de jornal) e pesquisa de campo (levantamento fotográfico e entrevistas com informantes qualificados). Houve um processo investigativo através de entrevistas com pessoas qualificadas, como por exemplo: o pároco da Catedral São José; o historiador Enori Chiaparini; e depoimentos de pessoas que estavam presentes na época e que se manifestaram contrárias à demolição da Igreja Matriz São José.

2. Contextualização

Erechim é uma cidade jovem, datada de 1910, quando chegaram à região os descendentes de europeus vindos de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, São Leopoldo, Caí e outras regiões. As principais etnias que aqui chegaram foram Alemães, Poloneses, Israelitas e, principalmente, Italianos.

A cidade possui alguns prédios com características Ecléticas, Modernistas e notadamente Art Decô. O município recebeu um plano viário inspirado em Washington, Paris e aqui no Brasil, Belo Horizonte. Caracteriza-se por ruas largas, forte hierarquização e criação do traçado xadrez, através de ruas diagonais, com pontos de convergência onde se localizam prédios em estilo Art Decô.

Em 1927, foi iniciada a construção da igreja Matriz São José, projetada pelo arquiteto Vitorino Zani de Porto Alegre. Possuía características do estilo Barroco, medindo 45 metros de comprimento, 20 metros de largura, 18 metros de altura da nave central e 30 metros das torres. Foi aberto para cultos em 1933, entretanto sua conclusão se deu nos anos 40. A aquisição dos materiais para sua construção foi realizada em vários lugares devido às dificuldades de encontrá-los na região. O interior do templo possuía altar em mármore e bronze, abóbadas, colunas e florões. Era considerada uma igreja majestosa e imponente.

2.1 A Grande Perda

Erechim necessitava de um Bispado, pois pertencia a paróquia de Passo Fundo. Dizia-se na época que a Igreja Matriz São José era pequena para acomodar todos os fiéis e que não possuía instalações adequadas para o futuro bispo. O templo nunca havia sido reformado ou sofrido reparos durante toda a sua existência e alguns problemas começaram a surgir. Segundo alguns artigos de jornais, partes do forro, que diziam pesar toneladas, estavam se soltando e isto representava perigo. A Voz Da Serra (1969) destacou que a igreja impunha certo perigo de vida aos que lá fazem suas preces, por este motivo foi interditada, notícia que chocou a população da cidade.

Por volta de 1967, começaram os questionamentos a respeito do futuro da Igreja Matriz São José: reformar ou construir uma Catedral? Criou-se, então, uma Comissão a fim de estudar o problema da Paróquia São José e formou-se um Conselho, do qual participaram representantes da comunidade. Para garantir a segurança dos fiéis, a Diretoria, assumiu a responsabilidade e removeu o estuque que compunha os ornamentos do teto da igreja. Cabia também a esta Diretoria e ao Conselho a responsabilidade de visitar a população em suas casas para debater a questão: reformar a Igreja ou construir a Catedral. Havia o compromisso de que somente após conhecer a opinião dos paroquianos é que seriam tomadas as providências. O resultado da enquete revelou 98,5% dos paroquianos favoráveis à construção de uma Catedral. No local da Igreja Matriz seria construído um templo amplo e moderno e em 1969, a Igreja Matriz São José foi demolida. Benincá (1996) destaca que de resto, só saudade. O que fizeram os pioneiros desapareceu para todo o sempre. Não sobrou pedra sobre pedra. Reascender os ânimos acerca do acontecido, não desejamos. Valha apenas o registro.

O fato ocorrido a quarenta e oito anos marcou a cidade que perdeu sua Igreja, uma edificação que hoje teria grande valor histórico, arquitetônico, e principalmente sentimental para as pessoas que a conheceram, frequentaram e ajudaram na sua construção. Com certeza, uma perda significativa tanto para a sociedade como para o patrimônio.

2.2 A Cidade e Seus Depoimentos

Para Meira (2004) a vida de uma cidade é um acontecimento contínuo, que se manifesta ao longo dos séculos por obras materiais, traçados ou construções que lhe conferem sua personalidade própria. Por isso é importante que se mantenham vivas a memória e a história da cidade, para que esta personalidade própria e este caráter possam ser revelados. Assim como as lembranças pessoais, os conhecimentos e experiências individuais são importantes, pois tratam-se de ferramentas com que contamos para enfrentar o presente e o futuro. É também importante para a cidade que as antigas edificações se preservem, para que haja entre estas e a população uma relação de respeito e cumplicidade para com sua existência.

Alguns depoimentos e registros fotográficos comprovam e resgatam a importância da igreja e seu entorno no convívio social da população, como por exemplo, o grande espaço existente em frente à edificação, era o ponto de encontro dos jovens e das famílias da época nos domingos após a missa. Os bancos da praça e o canteiro central eram locais de encontros de amigos, festividades religiosas, atividades que caracterizaram a época em uma típica cidade de interior. Ao mesmo tempo, em entrevista com o historiador Enori Chiaparini, ficou claro que algumas pessoas entrevistadas e que vivenciaram a época da demolição, ainda hoje se emocionam ao darem seus depoimentos, pois mais significativo que o valor arquitetônico representado pela igreja era o valor sentimental nutrido pelas pessoas. Para elas, perder a igreja representava perder o lugar onde se casaram, onde batizaram seus filhos, onde alcançaram graças, e até mesmo onde velaram seus mortos. (Chiaparini, 2005).

De qualquer forma, o ato da demolição é controverso, Benincá (1996) destaca que até hoje guardam por aí resquícios de certa mágoa histórica. Assim, pessoas que viveram na época, mesmo que muito jovens e que estavam presentes naquele maio de 1969, rendem homenagens e manifestam sua indignação. É o caso do Historiador Enori Chiaparini que presenciou a demolição, conheceu e vivenciou a história e a revolta que causou a perda da igreja a uma parcela considerável da população. Depois de muitos anos (2001), fez uma poesia homenageando a igreja e declarando toda a sua indignação.

"Marretadas na Alma
Manhãs de domingo, passos seguindo fé e devoção.
Cenário de encanto vejo teu manto. Rosário na mão.
Torres de aço flutuam no espaço, puro esplendor!
Os beatles cantam, encantam um mundo de amor.
Vozes enérgicas ordenam, condenam, coordenam.
Homens suados, cansados, acertam Relicários.
Há sussurros, silêncios secretos, vozes paradas.
Há vidas e cinzas nas marretas guardadas...
Esforço, luta, trabalho, conquista – estupor!
Passado de fibra, agora sem vida, jaz sem valor...
Em cada verso, em cada estribilho, diz ao teu filho...
Tempo cumprido, tempo perdido, dói na memória.
Geração sofrida, alma ferida, resuma tua dor no livro da História."
Chiaparini (2001).

Atualmente, percebe-se certo constrangimento nas pessoas em abordar o assunto, como se algo precisasse ser esquecido. Mas a indignação em relação ao fato se evidencia hoje, mais do que na época. Passadas décadas ainda lastimam e lembram-se da igreja. Esta lástima vem também de pessoas que não presenciaram a demolição.

O que existe hoje no local é a Catedral São José, uma construção com traços modernistas, indicando que o tão necessário progresso, sonhado pelos positivistas havia chegando à cidade.

A Catedral foi inaugurada em junho de 1977 e críticas vieram até da Capital, em matéria publicada pelo Jornal A Voz da Serra (1997) destacou-se que foi demolida na cidade de Erechim a antiga Matriz que os velhos povoadores de Boa Vista de Erechim idealizaram, e que em seu lugar foi construído um novo templo.

> "O que nos admirou foi que os cultos cidadãos de Erechim tenham permitido que se consumasse a demolição. Num país onde as cidades fazem por esquecer o seu passado, perdem a sua perspectiva histórica, tenha o povo da velha colônia de Paiol Grande assistido passivamente a sua destruição, trocando a velha Matriz de linhas carregadas de lembranças dos seus velhos colonizadores, por uma construção comum, sem beleza. Desculpem a comparação, meus patrícios, um misto de garagem e de supermercado, na qual, se não existisse uma cruz vazada no frontispício, não se saberia que era uma casa destinada ao culto de Deus. É claro que não iríamos nos bater pela construção de uma catedral em estilo gótico ou renascentista, porém, pôr abaixo o que é belo, o que lá existia, é o cúmulo da insensibilidade. Porém, está consumado e nada mais se pode fazer, senão lamentar por todos nós e advertir a outras comunidades que ainda possuem belos e históricos templos que não se deixem contaminar por esta onda. Pois assim agindo estão prestando um desserviço a um país ainda tão pobre de cultura." (A Voz Da Serra, 1977).

Percebe-se que a discussão, para os que eram a favor da demolição, girava em torno do perigo que a igreja representava e o que poderia significar para o futuro Bispado uma igreja nova e moderna. Para os que eram contrários, a discussão pairava sobre o valor sentimental que o edifício representava para a comunidade.

2.3 A Proposta

Atualmente, pode-se dizer que Erechim tem uma característica que não é comum à maioria das cidades de médio e grande porte: o centro da cidade não é degradado, ou seja, não necessita de um projeto de revitalização, apenas uma requalificação de espaços (projeto que já existe). A proposta consiste em implantar um percurso na área central ao longo da Avenida Maurício Cardoso, chegando à Praça da Bandeira, onde seria percorrido todo seu entorno até chegar ao ponto culminante do percurso – Catedral São José – onde poderia ser implantado o museu da antiga Igreja Matriz. Este percurso poderia ser identificado por placas de sinalização ou totens informativos. Estas informações seriam referentes ao estilo arquitetônico dos prédios, data da sua construção, um pequeno histórico e/ou fatos pitorescos relacionados ao edifício, funções que já tenham possuído e uso atual.

Nos canteiros centrais, placas informativas mostrariam o mapa da cidade e a localização deste percurso. Juntamente com isto, poderiam ser distribuídos pelo comércio mapas e folders, além da instalação de uma central de informações turísticas, com todo material à disposição. Além deste percurso, existem prédios pontuais espalhados pela cidade que poderiam ser identificados da mesma forma (totens, placas informativas). O ponto culminante do percurso seria a visitação à Catedral e ao Museu da Igreja Matriz São José. Nele poderiam ser encontrados materiais e objetos que ao longo dos anos foram sendo resgatados e guardados: confessionários, imagens de santos, fotografias da época, textos em protesto a demolição em forma de poesia e artigos de jornal, entre outros.

Gonçalves (2003) destaca que o chamado *Patrimônio Cultural* jamais é resgatado em sua totalidade e integridade, mas sempre por intermédio dos seus fragmentos, que exigem ser cuidadosamente resgatados, restaurados e preservados. Nesse sentido, o patrimônio é uma vasta coleção de fragmentos.

Por este motivo, é de fundamental importância à criação de um museu contando a trajetória da cidade e principalmente a história da Igreja com seus objetos que resgatem um pouco desta perda tão significativa. Paralelo ao percurso e ao museu poderia ser implantado junto às escolas um calendário de visitação em parceria com as Secretarias de Educação, Turismo e Cultura e outras entidades representativas, contando a história da cidade e suas memórias. Atividades extraclasse e palestras teriam a finalidade de passar este conhecimento, despertando desde cedo a memória coletiva. Faria parte destas atividades, gincanas e brincadeiras relacionadas ao tema e à antiga Igreja Matriz São José. Jogos educativos e cartilhas poderiam ser criados falando sobre patrimônio material e imaterial e poderiam ser de fundamental importância para trilhar um caminho voltado para a Educação Patrimonial, começando pelo ensino fundamental.

3. Conclusão

Retomando o objetivo principal deste trabalho *a preservação de uma cultura, valorização dos referenciais de memória, resgate da identidade local e do sentimento de pertencimento ao lugar*, conclui-se que há um longo caminho a ser trilhado. Um tempo de aprendizagem e assimilação do significado de patrimônio é necessário, e para que isso aconteça, é de fundamental importância que estas propostas possam ser colocadas em prática, para que lentamente os avanços positivos possam ser alcançados em relação à preservação do Patrimônio Cultural local e consequentemente a implantação de uma cultura de Educação Patrimonial.

A relação afetiva da população em relação à antiga Igreja Matiz ainda existe. Os olhos da memória ainda contam histórias, pois, passados quarenta e oito anos, fala-se da igreja. Lembra-se a igreja, lamenta-se pela igreja, mesmo não existindo mais o espaço físico, existe o espaço rememorado, que está presente em relação ao templo religioso que ali existiu.

É evidente que, o que se perdeu em Erechim há décadas e que repercute até hoje, não deve se repetir, mas é preciso que a sociedade desperte para esta consciência.

Nos países de primeiro mundo esta preocupação existe há muito tempo e mesmo os fatos tristes da história não são esquecidos. Permanecem vivos no imaginário coletivo. Vivemos em um país que esquece facilmente sua própria história e é preciso reverter esta situação de desrespeito.

Se em Erechim a memória vem se perdendo ao longo dos anos, fica claro que somente com uma política de preservação eficiente, coerente e bem fundamentada, conseguiremos evitar os erros e tropeços do passado (e do presente). É preciso rever os conceitos em relação à cidade, passado e futuro e entender que a preservação e conservação, seja de um único edifício, seja de um conjunto arquitetônico, ou de um espaço público, não são incompatíveis com o desejo de uma cidade moderna e desenvolvida. Valorizar a história e a cultura, através de referenciais de memória, faz com que surja o sentimento de pertencimento ao lugar, reconstruindo assim a imagem que a cidade tem de si mesma. O passado é um processo importante de transformação do presente para o futuro e havendo equilíbrio entre o antigo e o novo, estes podem conviver lado a lado a fim de contar uma história.

Espera-se que, a cidade passe a ser reconhecida e enxergada com um olhar de memória e de respeito. Respeito pelo que ela foi pelo que é e pelo que será. Às vésperas de Erechim completar cem anos, fica um questionamento: até quando teremos o que mostrar? Até quando teremos o que lembrar? O Patrimônio Cultural que se perdeu um dia não voltará, mas nem por isso deve ser esquecido.

4. Referências

Meira, A. L., 2004. *O passado no futuro da cidade*. Editora UFRGS. Porto Alegre.
Arquivo Municipal. *Identificação de documentos em arquivos públicos*. Erechim: Arquivo Histórico Municipal. Consulta em maio de 2005.
Golçalves, J., 1996. *A retórica da perda: os discursos do patrimônio cultural no Brasil*. Editora UFRJ. Rio de janeiro.
Benincá, D., 1996. *Uma diocese chamada Erechim*. Passo Fundo.
A Voz Da Serra. Porto Alegre: *Diários Associados* (DA), 1977. Diário.

5. Aviso de Responsabilidade

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

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Ciência

Da

Computação

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A PREDICTIVE MODEL FOR CLASSIFICATION OF POTENTIALLY CANCEROUS CELLS USING NEURAL NETWORKS

Leonardo Blanger
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Erechim RS
leonardoblanger@gmail.com

Marcos Lima
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Erechim RS
marcoslima.xv@gmail.com

Abstract. *In this work, it is proposed a predictive model based on Neural Networks, for the task of Artificial Intelligence aided diagnostic of breast cancer. It will be made a explanation for the task, as well as an introduction to the theoretical concepts about the processes of modeling and training of neural models. The proposed model was trained utilizing data obtained from real diagnostics, that are available at a public database online, and evaluated on a disjoint subset of this data, where it achieved excellent accuracy on the proposed task.*

Keywords: *Artificial Intelligence, Machine Learning, Predictive Models, Neural Networks, Medical Diagnostics*

1. INTRODUCTION

On the past few years, the evolution of Artificial Intelligence techniques applied to many different fields has allowed many services to be created or improved. Examples of these services are language translators, voice and image recognizers, and text interpreters, which have evolved from simple programs based on explicit rules to systems that are capable of learning from examples, and with near human performance.

One of the main fields capable of taking benefit from the recent evolution of computational techniques is the medical field. Nowadays, many of the tasks involved on diagnostics and treatments depend on some computational functionality. As an example, images obtained by X-ray or resonance equipments frequently require some kind of preprocessing using some digital image processing technique, in order to improve the data interpretation (Katsaggelos,). Also, internal analysis through cameras have taking benefit from the evolution of network technologies, as the exams using optical fiber, which allows a high transmission rate, besides of reducing the size of the equipments and cables.

With the use of Machine Learning techniques (Russel, 2013), there are also the possibility of making Artificial Intelligence aided diagnostics. For example, based on information about medical diagnostics previously obtained and categorized by some human professional or equipment, it is possible to "train" a predictive model to perform the prediction of some specific characteristics on these diagnostics, and use this model to identify these same characteristics on new diagnostics.

Such models can be applied both as auxiliary for the human professional tasks, in order to speed up the process of analyzing the data from the exams, as well as a way to validate the conclusions of the human professionals. This way, it is possible to make more reliable conclusions for the diagnostics, while at the same time, reducing the time required for the medical appointments. This time reduction may also imply on the reduction of the costs for the professionals, which might cause a facilitation for the creation of new medical services, which, indirectly reduces the costs for the patients and enlarge the access to these services.

In this work, it will be proposed a predictive model for the task of classifying potentially cancerous breast cells into benign and malign ones. The proposed model accepts as input a vector of normalized numeric data, describing the structure of these cells, such as diameter, texture, symmetry, etc, and produces as output a probability that the respective cell might present a malign behavior. The model is structurally composed by a Neural Network, which was trained utilizing a subset of the public database collected by (Bennet, 1992). Next, the effectiveness of the model was evaluated using another subset of this same database, disjoint of the data used for training, where it achieved satisfactory results, scoring an accuracy of 98,89%.

The remaining of this paper is structured as follows: in section 2, it is done an introduction to the theoretical concepts related to neural networks, covering the topics about the main motivations for its application, the expected

characteristics of the datasets used for the training of these models, the architectural structure of these models, and the training process. In section 6 it is described the dataset of diagnostics that was used for the training and evaluation of the model proposed in this work. In section 7 it is explained the architecture of the developed model. In section 8 it is presented the informations with respect to the training process and the final evaluation of the model. Finally, on section 9, it is presented the conclusions obtained with this work.

2. NEURAL NETWORKS

Neural Networks are predictive structures that have been increasingly used for Machine Learning tasks (Russel, 2013). This means that they are applied on tasks where it is convenient to replicate human performance, or at least replicate human learning processes, usually on problems where there are some uncertainty involved, or some degree of subjectiveness, and it is necessary to learn how to associate parameters on non obvious ways. Some examples of applications of neural networks and its variations are image recognition (Krizhevsky, 2012), voice recognition, extraction of semantic meaning from texts, analysis of behavior patterns and buying patters, fraud detection, prediction of investment results, risk analysis, etc. (Nielsen, 2015)

The majority of neural network applications fit into the class of Supervised Learning tasks (Russel, 2013). In this type of task, instead of the explicitly specify the execution flow of the program (algorithm), the developer simply creates a predictive structure with enough predictive capacity for the problem, and utilizes a set of examples of the task to be performed and a **training algorithm**, to iteratively adjust the structure parameters, in a way that makes it gradually better on the task.

In summary, neural networks (or many others supervised learning models) aims to learn how to perform tasks by analyzing examples, not necessarily requiring previous knowledge about the rules involved on these tasks, being that these rules are “learned” by the observation of the examples.

3. Training Set

The dataset used for updating the network parameters must be composed by data that represent the situation to be replicated. Each example of this set is a tuple *(x, t)*, where *x* is a vector that represents an input, and *t* is a vector that represents the correct output for *x*.

The input vector must contain numeric values that describe each example. For instance, on a predictive model for medial diagnostic, each dimension of the input can represent an information obtained by an exam.

The output vector must have as many dimensions as are required to correctly represent the expected result for each input. On the same model from the previous example, it is possible that the output vector have only a single dimension, which assumes a binary value that represents whether the cell described at the input might have a malign behavior or not. On other types of problems, the output can be more complex. For instance, in image recognition problems, it is common to represent the expected output as a *one-hot* vector. That is, a vector with the number of dimensions equal to the number of categories, with a value of 1 on the dimension associated with the correct category, and zeros on the remaining dimensions. (Nielsen, 2015)

The examples of the training set must represent a very representative sample for the real distribution of examples that the network will face in practice. This way, the more examples are collected for training, the better the network tends to perform after trained. Nowadays, neural networks can be trained using thousands, or even millions of examples (Nielsen, 2015), and this is one of the reasons why they started to have practical applications only on the last decade. Before that, with the lower production of digital data, there were not big enough datasets to make these networks converge to satisfactory solutions.

4. Architecture of Neural Networks

Architecturally, the neural networks can be represented by layers of units, as shown in Fig 1, which acts as a mapping from vectors in $\mathbb{R}^m$ to vectors in $\mathbb{R}^n$. The first layer has a number of units equal to the dimension of the input, and these units just assume the values of the input vectors. Each unit on the following layers assumes as its value the application of an activation function over the sum of the units on the previous layer, weighted by a set of weights, and added to a *bias* value, as is shown in Eq. (1).

$$y_i^{(l)} = f\left(b_i^{(l)} + \sum_{j=1}^{|l-1|} y_j^{(l-1)} W_{ij}^{(l)}\right) \tag{1}$$

Here, $y_i^{(l)}$ represents the value of the *i*-th unit of the layer *l*, while $y_j^{(l-1)}$ represents the value of the *j*-th unit of the previous layer. The weight matrices $W^{(l)}$ and the *bias* vectors $b^{(l)}$ are the **trainable parameters** of the

network. The training process consists on iteratively changing these parameters, in order to make the network as a whole perform increasingly better.

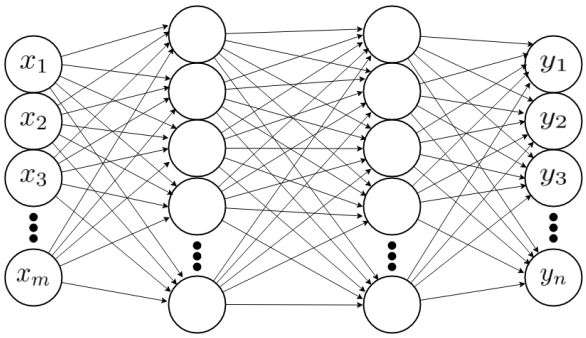


Figure 1: Basic architecture of a neural network

The activation function can vary depending on the problem, and it is used to introduce non-linearity to the network operations. This non-linearity, combined with a good training algorithm, improves the network capacity on representing and identifying patterns on the data.

5. Neural Networks Training

For the training process, it is necessary to define an objective function, also called cost or error function, which is capable of evaluating how good (or how bad) the network is at predicting the training examples. The cost function must grow proportionally to the mistakes committed by the network when analyzing the training set. The training algorithm works by updating the value of the network parameters aiming to decrease the value of this cost function.

As in the majority of the situations, the units on the output layer usually assume probabilities (values between 0 and 1), it is common to apply the **Mean Cross Entropy** (Nielsen, 2015; Goodfellow et al., 2016) as a cost function, which is described on Eq. (2).

$$C = -\frac{1}{n}\sum_{x}\sum_{i} t_i(x)\ln[y_i(x)] \tag{2}$$

Here, *x* is an input vector from the training set, *t(x)* is the expected output vector for *x*, *y(x)* is the output vector generated by the network for the input *x*, and *n* is the number of examples that are being analyzed. As the expected output is usually a *one-hot* vector, it is possible to see that this function grows when the probability attributed by the network to the correct category approaches to zero.

From calculus, it is known that a differentiable function grows the fastest on the direction of the gradient of this function. Consequentially, a function decreases the fastest on the direction that is opposite to the gradient. Based on this idea, we can imagine the cost as a function of the network parameters, *C(W, b)*, as a surface on a multi-dimensional space, and imagine an initial state of these parameters as a point on this surface domain. Then, it is possible to decrease the cost, by "translating" this state on the opposite direction of the gradient. On another words, decrementing the value of each parameter by the value of the partial derivative of the cost with respect to these parameters, as is shown on Eq. (3).

$$w^{t+1} = w^{t} - eps\frac{\partial C}{\partial w} \tag{3}$$

Here, it is used a positive parameter *eps* (usually small), called **learning rate**, which regulates the speed of the parameter updates. This strategy of "shifting" the network state on the direction of biggest decrease on the cost, with a speed regulated by a predefined rate is called **Gradient Descent**.

6. DATASET

The data used on this work were collected by (Bennet, 1992) and the database is publicly available online[1]. Each register on this database represents a potentially cancerous breast cell. The database consists of 569 registers, being that 357 of them are from cells with benign behavior, while the other 212 registers are from cells with malign behavior.

1 Dataset publicly available at: <https://www.kaggle.com/uciml/breast-cancer-wisconsin-data>

Each register consists of 32 attributes, where the first of them is the register code on the database (which irrelevant for this work). The second attribute is the diagnostic, a binary attribute representing the class of the register, benign or malign. The other attributes are based on the following 10 metrics: radius, texture, perimeter, area, smoothness, compactness, concavity, number of concave points of the contour, symmetry and fractal dimension. The attributes from 2 to 32 represent the average, standard deviation, and the maximum value of each one of these 10 metrics on various points of the cell.

On this work, the attribute representing the code was simply ignored, while the attributes form 3 to 32 were normalized to the range between 0 and 1, and used as input vectors. The register class was used as output of the register, 0 for benign diagnostics and 1 for malign ones.

From these dataset, a random subset of 30 malign registers and 60 benign registers was isolated for the final evaluation of the model. These registers were not used for the network's training process, and were only used on the definitive model.

From the remaining registers, another subset of 30 malign registers and 60 benign registers was isolated to compose the validation set. This subset was not directly used for the training process either. However, the network was constantly evaluated on this subset during the the model's project and training processes, with the objective of estimating the generalization capacity of the network, and with this, guiding the project choices over the model's architecture and the training process.

The remaining of the data was used to compose the training set, which was directly used to update the model's parameters.

7. PROPOSED MODEL

The model has been developed with the language *Python*, using the numeric computation frameworks *Keras* and *TensorFlow* (Abadi et al., 2016).

The developed model has an initial layer with 30 units, which just assume the normalized numeric values values of each cell as input, that is, the attributes from 3 to 32. The first layer is followed by a intermediate layer with 128 units, and a final layer with a single unit. With the exception of the units on the first layer, all the other units are fully connected with the units on the previous layer (they compute a weighted sum of all the units on the previous layer, as on Eq. (1)).

The units on the intermediate layer utilize the **Rectified Linear Function** as activation function, also called ***ReLU*** function (Dahl, 2013), defined on Eq. (5).

$$ReLU(z) = max(z, 0) \tag{5}$$

The final layer of the model is composed by a single unit, which assumes values on the range between 0 and 1, representing the probability that the input vector represents a cell with malign behavior. This unit uses the ***sigmoid*** function (Goodfellow, 2016; Nielsen, 2015) as activation function. This function is frequently applied on the last unit of binary classifiers, because it can be trained to represent a probability. The *sigmoid* function is defined on Eq. (6), where z_i represents the weighted sum of the unit values on the previous layer, added to the *bias*.

$$y_i = \frac{1}{1+e^{-z_i}} \tag{6}$$

It was also used a regularization technique called ***Dropout*** (Srivastava, 2014), which aims to improve the network capacity on learning more realistic patterns on the data, and then, being able to generalize the prediction more effectively to unseen diagnostics.

8. MODEL TRAINING AND EVALUATION

Before the training process, the network parameters were initialized on the following way: the weights were initialized from a gaussian distribution of mean zero and standard deviation 0.05, while the *bias* were initialized in zero.

At each training iteration, a random subset of 100 registers was selected, to be used for calculating the iteration cost. The cost is represented by the Mean Cross Entropy (Eq. (2)). Next, each parameter is updated proportionally to its respective partial derivative of the cost, using a learning rate of 0.001.

The reason for the use of only 100 registers at each iteration is to reduce the time needed for the computation of the mean entropy. If all the registers from the training set were used at each iteration, the result would be more precise, but, demanding more processing time, since it would be necessary to calculate the cross entropy over all the examples of the training set in order to calculate the mean. With the utilization of a subset of these examples, the value of the cost is only approximate at each iteration, which can cause some statistic instability, making the network state not to be

translated to the exact direction of biggest decreasing. This makes the training take more iterations before converging to a satisfactory solution. However, as there are now fewer examples to be processed, the time needed to compute each iteration is smaller. This strategy of estimating the cost using an approximation that is computationally cheaper is called **Stochastic Gradient Descent**, and in this work, a variation of it, proposed by (Tieleman, 2012), called **rmsprop**, was used.

It was executed 400 iterations of the training algorithm, and the cost value regarded the subsets of 100 random diagnostics was recorded at each iteration. This values are shown on Fig. 2.

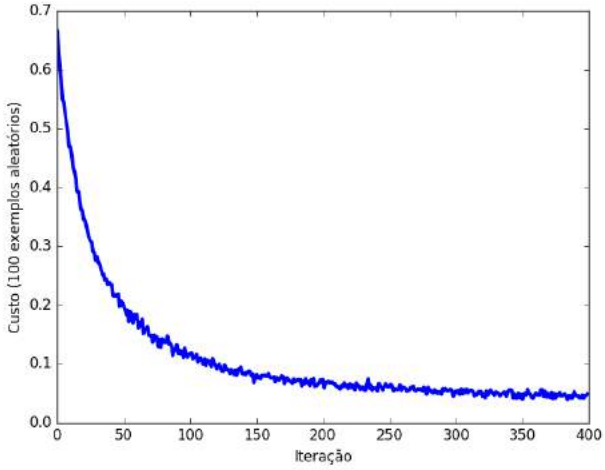


Figure 2: Cost during the training iterations evaluated on the random subsets of 100 diagnostics

It is possible to observe that the cost does not decrease continually, suffering fluctuations due to the randomness on the choice of the diagnostics at each training iteration. However, it does decrease satisfactorily throughout a big enough number of iterations, converging to a satisfactory solution.

At each iteration, the cost was also estimated on the validation set, and the values are shown in Fig. 3.

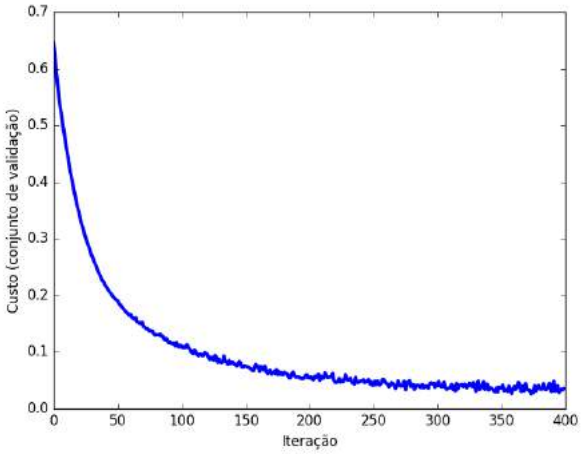


Figure 3: Cost evaluated on the validation set at each training iteration

It is important to remember that the diagnostics on the validation set were not used to update the network parameters. This means that the network really obtained the capacity to generalize the prediction to unseen data.

As the final evaluation, the definitively trained model was executed using the diagnostics form the test set. On this analysis, the network proved itself extremely effective, achieving an accuracy of 98,89%. A prediction has been considered correct if the probability assigned by the network was greater than 0.5 for cells with malign behavior, or lesser or equal to 0.5 for the cells with benign behavior.

The training process, and consequentially the tests, were repeated multiple times using the same trained model, obtaining similar results.

9. CONCLUSIONS

In this work, it has been presented a technique of Artificial Intelligence aided medical diagnostic, with focus on the task of analyzing data from potentially cancerous breast cells. Next, it has been proposed, implemented and trained a predictive model based on neural networks, capable of inferring probabilities that a cell might come to present malign behavior.

The model was trained and evaluated using a dataset obtained by real world diagnostics, being that the database used for this work is publicly available online.

The trained model was finally evaluated using data from diagnostics that have not been used for the training process. This means that the network was evaluated on unseen data, in order to correctly evaluate its generalization capacity. The obtained results showed an accuracy of 98.89%, indicating that a excellent predictive and generalization capacity has been achieved.

As possible future works, it is intended to replicate this methodology using other databases, regarded different types of medical diagnostics, as for instance, cardiac and respiratory diagnostics, besides possibly modifying the model's architecture, allowing it to accept brute images of the cells or textual descriptions of the symptoms as inputs, and not only numeric values.

10. REFERENCES

Abadi, M. et al., 2016. "TensorFlow: Large-Scale machine learning on heterogeneous distributed systems". In arXiv:1603.04467

Bennett, K. P., Mangasarian, O. L., 1992 "Robust Linear Programming Discrimination of Two Linearly Inseparable Sets", Optimization Methods and Software 1, 1992, 23-34

Chollet, F., 2017. "Keras". Available at <http://keras.io>

Dahl, G. E., Sainath, T. N., Hinton, G. E., 2013. "Improving deep neural networks for LVCSR using rectified linear units and dropout". In Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2013 IEEE International Conference on. 8609--8613

Goodfellow, I., Benjio, Y. e Courville A., 2016. "Deep Learning". MIT Press. <http://www.deeplearningbook.org>

Katsaggelos, A. K. "Fundamentals of Digital Image and Video Processing". Por Northwestern University em Coursera. Available at <https://www.coursera.org/learn/digital>

Krizhevsky, A., Sutskever, I. e Hinton, G., 2012. "Imagenet classification with deep convolutional neural networks". In Advances in neural information processing systems. Pages 1097–1105.

Nielsen, M.A., 2015. "Neural Networks and Deep Learning". Determination Press.<http://neuralnetworksanddeeplearning.com>

Russell, S., Norving, P., 2013. "Artificial Intelligence 3d Edition". Elsevier.

Tieleman, T., Hinton, G., 2012. "Lecture 6.5-rmsprop: Divide the gradient by a running average of its recent magnitude". Em COURSERA: Neural Networks for machine learning. Volume 4. Number 2. Pgs 26-31.

Srivastava, N. et al., 2014. "Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting.". In Joural of Machine Learning Research. Volume 15. Number 1. Pages 1929-1958.

11. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A PREDICTIVE MODEL FOR FRAUD DETECTION IN CREDIT CARD TRANSACTIONS USING NEURAL NETWORKS

Leonardo Blanger
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Erechim RS
leonardoblanger@gmail.com

Marcos Lima
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Erechim RS
marcoslima.xv@gmail.com

Abstract. *In this paper, we propose and implement a predictive model for the task of fraud detection on credit card transactions. The implemented model utilizes a neural network trained using a variation of the Stochastic Gradient Descent algorithm, called rmsprop. The model has been trained and evaluated using data obtained from real world transactions, available on a public dataset of transactions on the Internet, and achieved excellent accuracy on the proposed task.*

Keywords: *Artificial Intelligence, Machine Learning, Predictive Models, Neural Networks, Fraud Detection*

1. INTRODUCTION

On the last few years, the dependence for digital services has increased in our society, mainly caused by the popularization of the Internet. Every day, more people are associating their normal activities with online services, and this dependence has been growing year after year, without showing any sign of reduction.

The use of financial and money transfer services are some examples of tasks that were mainly performed through personal custom services in the past, using human employees that were not free of making mistakes, and are now running through digital environments, with a more automated service that does not require human interference.

The utilization of online services which involve monetary values, despite facilitating users lives and saving money for the companies, can create targets for fraudsters who are looking for illicit advantages. It can be trying to make payments or transfers without funds, or moving other peoples accounts, using information obtained from invasions, or even through ways of behavior manipulation of more vulnerable individuals. There are numerous risks involved with monetary services on the digital world, especially for people and institutions that are ignorant with respect to technology and the risks on the Internet, or that do not follow good practices of digital safety.

However, many of these attempts of obtaining irregular advantages have similar patterns. For example, it is common that a payment made with a cloned credit card takes place far away from the city were the card owner lives. It is also common that the products and services bought are extremely different from what is normally observed on the normal buying patterns of the individual. Finally, it is also possible that the payments are of values that are incompatible with the declared income of the user.

In this work, we developed a predictive model for the detection of frauds in credit card transactions. The model consists of a Deep Neural Network (Nielsen, 2015; Goodfellow et al., 2016), that accepts as input a vector, where each dimension of the vector represents a feature of the transaction, numerically normalized, and the output is a probability that the payment is fraudulent.

The developed model has been trained and evaluated using data from real world transactions, extracted from a public dataset of transactions, achieving excellent results on the proposed task.

The remaining of this paper is structured as follows: in the section 2, there is a introduction to the theoretical concepts related to neural networks, contextualizing the motivations for its use, expected characteristics of the datasets used for the training process, architectural structure of these models, and the algorithm used for this training process. In section 6 it is be described the dataset that was used for the training and evaluation of the proposed model. In section 7, it is described the architecture of the proposed model. In section 8 it is presented the informations related to the training process and the final evaluation of the model. Finally, in section 9, we present the conclusions obtained from this work.

2. NEURAL NETWORKS

Neural Networks are predictive structures that have been increasingly used for Machine Learning tasks (Russel, 2013). This means that they are applied on tasks where it is convenient to replicate human performance, or at least replicate a human learning process, usually in problems where there is uncertainty involved, or some degree of subjectivity, and is necessary to learn how to associate parameters from the input in non obvious ways. Some examples of applications of neural networks and its variations nowadays are image recognition (Krizhevsky, 2012) and voice recognition, knowledge extraction from texts, analysis of behavior patterns and buying patterns, fraud detection, prediction of investment results, etc. (Nielsen, 2015)

The majority of the applications of neural networks fits into the Supervised Learning class of tasks (Russel, 2013). In this kind of task, instead of explicitly projecting the execution flow of the program (algorithm), the developer simply creates an architecture that has enough predictive capacity for the problem, and utilizes a set of examples of the task and a **training algorithm**, to iteratively adjust the architecture parameters, in a way to make it gradually better for the task.

In summary, neural networks (or any other model of supervised learning) aims to learn how to perform tasks by analyzing examples, not needing prior knowledge about the rules involved on these tasks, being that these rules are "learned" by the observation of the examples.

3. Training Set

The set of examples used to adjust of the network parameters needs to be composed for data that represent the situation to be replicated. Each example from this set is a tuple *(x, t)*, where *x* is a vector that represents an input, and *t* is a vector that represents the respective output.

The input vector must have numeric values that describe the situation of each example. For example, on a model for fraud detection on credit cards, it is possible that some dimensions on the input vector represent the value of the transaction and the geographic distance between the payment place and the owner's residence.

The output vector must have as many dimensions as needed to represent the expected result of each input. In the same model from the previous example, it is possible that the output vector have only a single dimension, that assumes a binary value indicating the category of the input (fraudulent or genuine). On other types of problems, the output could be more complex. For example, in image recognition, it is common to represent the output as a *one-hot* vector. This means that the number of dimensions is equal to the number of possible categories for the images, with 1 in the dimension associated with the correct category, and zeros on the other dimensions (Nielsen, 2015).

The examples from the training set must compose a representative sample from the real distribution of examples the network will face in practice. This way, the more examples are collected for training, the better the network tends to perform after trained. Neural Networks can be trained with thousands, or even millions of examples nowadays (Nielsen, 2015), and this is one of the reasons for why they started having practical applications only on the last decade. Before that, with the lower generation of digital data, there weren't big enough datasets for making the neural networks converge to satisfactory solutions.

4. Architecture

Architecturally, neural networks can be represented as layers of units, as is shown in Fig. 1, which acts as a mapping of vectors in $\mathbb{R}^m$ to vectors in $\mathbb{R}^n$. The first layer has a number of units equal to the input dimension, which just assumes the value of the input vector. Each unit on the following layers assumes as its value the application of an activation function over the sum of the units of the previous layer, weighted by a set of weights, and added to a *bias* value, as shown in the Eq. (1).

$$y_i^{(l)} = f\left(b_i^{(l)} + \sum_{j=1}^{|l-1|} y_j^{(l-1)} W_{ij}^{(l)}\right) \tag{1}$$

Here, $y_i^{(l)}$ represents value of the *i*-th unit of the layer *l*, while $y_j^{(l-1)}$ represents the value of the *j*-th unit of the previous layer. The weight matrices $W^{(l)}$ and the *bias* vectors $b^{(l)}$ are the **trainable parameters** of the network. The training process consists on gradually changing these parameters, in a way to make the network as a whole become more capable of generating the correct outputs for each input.

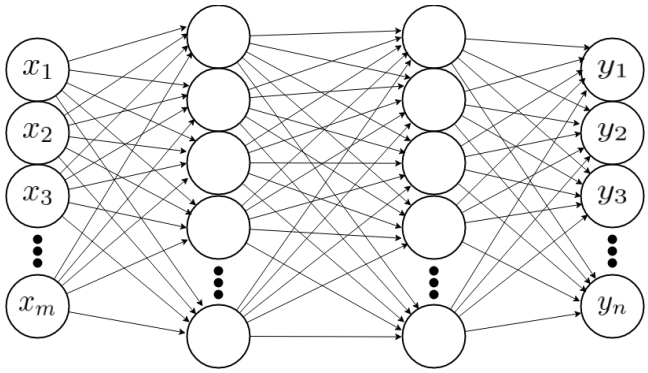


Figure 1: Basic Neural Network Architecture

The activation function can vary depending on the problem, and it is used to introduce non-linearity to the network operations. This non-linearity, combined with a good training algorithm, improves the network capacity of representing and identifying patterns on the data.

5. Neural Networks Training

For the training process, its necessary to define an objective function, also called cost function or loss function, which is capable of evaluating how good (or how bad) the network is in predicting the examples from the training set. The cost function must be capable of growing proportionally to the errors of the network. The training algorithm then consists of changing the parameter values in a way that minimizes this function.

As on most of the situations the units on the output layer usually assume probabilities (values between 0 and 1) over the categories that are being predicted, it is common to apply the **Mean Cross Entropy** (Nielsen, 2015; Goodfellow, 2016) as a cost function, as described on Eq. (2).

$$C = -\frac{1}{n}\sum_{x}\sum_{i} t_i(x)\ln[y_i(x)] \tag{2}$$

Here, x is an input vector from the training set, $t(x)$ is the expected output vector for x, $y(x)$ is the output vector generated by the network for the input x, and n is the number of examples that are being analyzed. As the expected output is usually a *one-hot* vector, it is possible to see that this function grows when the probability attributed by the network to the correct category approaches to zero.

From calculus, it is known that the gradient of a differentiable function points to the direction of the biggest increasing of this function. Similarly, the direction of biggest decrement is the direction opposite to the gradient. Utilizing this idea, we can imagine the cost in function of the parameters $C(W, b)$ as a surface on a multi-dimensional space, and imagine an initial state of these parameters as a point on the domain of this surface. It is possible then, to reduce the cost, by translating this point on the direction opposite to the gradient of C, which means to decrement each parameter by the value of the partial derivative of the cost with respect to it, as shown on Eq. (3).

$$w^{t+1} = w^{t} - eps\frac{\partial C}{\partial w} \tag{3}$$

Here, it is used a positive parameter *eps* (usually small), called **learning rate**, which regulates the speed of the parameters updates. This strategy of "translating" the state of the network on the direction of biggest descent, at a speed controlled by a learning rate receives the name of **Gradient Descent.** (Nielsen, 2015)

6. DATASET

The data used for this work was retrieved from a public database[1] of credit transactions. The data has been collected during a survey conducted by (Pozzolo et al., 2015), and consist of tuples with 31 attributes each. Each attribute represents a normalized numeric information describing some characteristic of the transaction. For confidentiality purposes, the meaning of each attribute was kept secret on the dataset.

One of these attributes is a binary value representing the class of the transaction, which can be fraudulent or genuine. This class attribute is assumed as the expected output of the network (0 for genuine, and 1 for fraudulent), while the other 30 attributes compose the input vector.

1 Transactions publicly available at: <www.kaggle.com/dalpozz/creditcardfraud>

For this work, we used 492 fraudulent tuples and 492 genuine tuples. From these, 50 fraudulent tuples and 50 genuine tuples were isolated to compose the test set. This set has not been utilized for the training algorithm, and it has been used exclusively to evaluate the final model, with the objective of analyzing the networks capacity to generalize the knowledge obtained to new situations.

From the remaining examples, another 50 fraudulent tuples and 50 genuine tuples were isolated to compose the validation set. This set has not been directly used for the training algorithm either, but the network has been frequently evaluated on this set throughout the project and training processes, with the objective of previously estimate the generalization capacity, and then taking decisions about the architectural and training parameters based on these estimations.

The remaining tuples were used to compose the training set, and were directly used to update the network parameters.

7. PROPOSED MODEL

The model was developed using the language *Python*, with the numeric computation frameworks *Keras* (Chollet, 2017) and *TensorFlow* (Abadi et al., 2016).

The developed model has an initial layer with 30 units, which simply assume the numeric values of each transaction as input. Followed by two intermediate layers with 64 and 10 units, respectively, and a final layer with a single unit. All the units in each layer, with the exception of the first layer, are fully connected with the previous layer (they make a weighted sum of all the previous units, as on Eq. (1)).

All the units on the intermediate layers use the **Hyperbolic Tangent** as the activation function, defined on Eq. (4).

$$\tanh(z) = \frac{e^{z} - e^{-z}}{e^{z} + e^{-z}} \tag{4}$$

This activation function restricts the range of values of the unit to the range *]-1, 1[*. This way, this function allows both positive and negative values, avoiding values that are too big (in modulus), which eventually might cause *overflow* problems when running on the computer.

The final layer of the model is composed by a single unit, which can assume values between 0 and 1, representing the probability that the input transaction is fraudulent. This unit utilizes the ***sigmoid*** function (Goodfellow, 2016; Nielsen, 2015) as activation function. This function is frequently used on the final unit of binary classifiers, since it restricts the values to the range *]0, 1[*, being able to be trained to represent probabilities. The *sigmoid* function is defined on Eq. (5), where *z* represents the weighted sum of the previous layer, added to the *bias*.

$$y = \frac{1}{1 + e^{-z}} \tag{5}$$

It was also used a regularization technique called ***Dropout*** (Srivastava, 2014), which aims to improve the network capacity to learn more realistic patterns on the data, and thus, generalizing more effectively the prediction to new transactions.

8. MODEL TRAINING AND EVALUATION

Before the training process, the model parameters were initialized in the following way: the weights were initialized from a gaussian distribution of mean zero and standard deviation of 0.05, while the *bias* were initialized in zero.

At each iteration of the training algorithm, it is selected a random subset of 128 transactions of the training set, to be used to calculate the iteration cost. The cost was calculated using the Mean Cross Entropy (Eq. (2)). Next, each network parameter was updated proportionally to its partial derivative of the cost function, utilizing a learning rate of 0.001.

The reason for the use of only 128 transactions in each iteration is to reduce the time needed for the computation of the mean entropy. If all the transactions of the training set were utilized at each iteration, the result would be more precise, although demanding more processing time, since it would be necessary to compute the cross entropy over all the transactions, in order to obtain the average. With the use of a subset of transactions, the value of the cost function is only estimated at each iteration, which causes some statistic instability, making the current network state not to be translated on the exact direction of the biggest cost decreasing. This makes the training algorithm to take more iterations before it converges to a satisfactory solution. However, as there are less transactions to be analyzed, the processing time needed at each iteration is smaller. This approach of estimating the cost using some approximation that is computationally “cheaper” is called ***Stochastic Gradient Descent***, and in this project, was used a variation of it, called ***rmsprop*** (Tieleman, 2012).

We executed 100 iteration of the training algorithm, and the cost value with respect to the 128 random transactions at each iteration can be seen in Fig. 2.

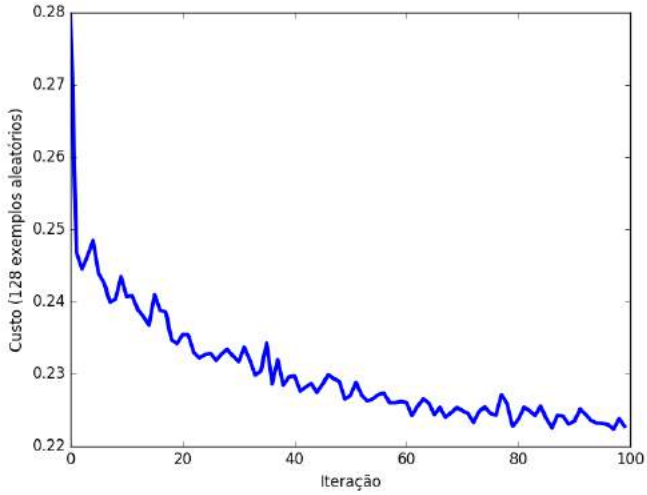


Figure 2: Cost with respect to 128 random transactions at each iteration

It is possible to observe that the cost does not decrease continually, suffering fluctuations due to the randomness on the choice of the transactions at each training iteration. However, it does decrease satisfactorily throughout a a big enough number of iterations.

At each iteration, the cost on the validation set was also recorded, and the values can be seen on Fig. 3.

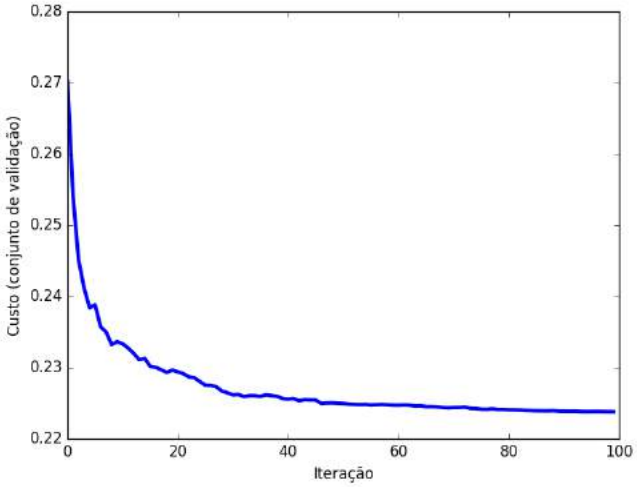


Figure 3: Cost with respect to the validation set at each iteration

Its important to remember that the transactions on the validation set were not used for updating the network parameters, and so, the graph shows that, throughout the training process, the network really obtained the knowledge to generalize the prediction to unseen data.

As the final evaluation, the model definitively trained was executed utilizing the transactions from the test set. On this analysis, the network proved itself extremely effective. From the 100 transactions isolated for the final test, the model erroneously predicted only two of them, achieving an accuracy of 98%. A prediction was considered correct if the probability of fraud attributed by the network was greater than 0.5 for the fraudulent transactions, and less or equal to 0.5 for the genuine transactions.

The training process, and consequently the tests, were performed multiple times with the final model, achieving similar results.

9. CONCLUSIONS

In this work, the problem of fraud detection on credit card transactions has been analyzed. It has also been projected, implemented, trained and evaluated a neural predictive model for the task of inferring probabilities for frauds based on the transaction characteristics, properly normalized.

The developed model was trained using data from real world transactions, obtained from a public database that is available online.

The trained model was finally evaluated using a disjoint subset of transactions from this same database. Which means that the model was evaluated using only unseen data, with the objective of evaluating the generalization capacity of the model on real situations, for which it obtained excellent accuracy on the performed tests.

As possible future works, the model will be adapted to be trained with unbalanced training sets, that is, sets with more examples belonging to one category than the other, without any significant loss of predictive capacity for any of the categories. This approach adapts better to the current capacity of obtaining data on the real world for problems such as fraud detection, where there are far more examples of genuine transactions than fraudulent ones.

10. REFERENCES

Abadi, M. et al., 2016. “TensorFlow: Large-Scale machine learning on heterogeneous distributed systems”. In arXiv:1603.04467

Chollet, F., 2017. “Keras”. Available at <http://keras.io>

Dal Pazzolo, A., Caelen, O., Johnson, R.A. e Bontempi, G., 2015. “Calibrating Probability with Undersampling for Unbalanced Classification”. In Symposium on Computational Intelligence and Data Mining (CIDM), IEEE.

Goodfellow, I., Benjio, Y. e Courville A., 2016. “Deep Learning”. MIT Press. <http://www.deeplearningbook.org>

Krizhevsky, A., Sutskever, I. e Hinton, G., 2012. “Imagenet classification with deep convolutional neural networks”. In Advances in neural information processing systems. Pages 1097–1105.

Nielsen, M.A., 2015. “Neural Networks and Deep Learning”. Determination Press.<http://neuralnetworksanddeeplearning.com>

Russell, S., Norving, P., 2013. “Artificial Intelligence 3d Edition”. Elsevier.

Tieleman, T., Hinton, G., 2012. “Lecture 6.5-rmsprop: Divide the gradient by a running average of its recent magnitude”. Em COURSERA: Neural Networks for machine learning. Volume 4. Number 2. Pages 26-31.

Srivastava, N. et al., 2014. “Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting.”. In Joural of Machine Learning Research. Volume 15. Number 1. Pages 1929-1958.

11. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

UM CHATTERBOT PARA AUXILIAR ESTUDANTES NA DISCIPLINA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Marcos Vinicius de Moura Lima
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Erechim RS
marcoslima.xv@gmail.com

Leonardo Blanger
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Erechim RS
leonadorblanger@gmail.com

Fabio A. Zanin
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Erechim RS
faz@uricer.edu.br

Paulo Ricardo Rodegheri
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Erechim RS
prr@uricer.edu.br

Resumo. *Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um chatterbot com o objetivo de auxiliar os estudantes da disciplina de Inteligência Artificial. Este chatterbot foi desenvolvido utilizando linguagem Python e a linguagem de marcação para Inteligência Artificia AIML. Foram mapeadas inicialmente 40 sentenças para o uso no chatterbot, assim como desenvolvida toda a arquitetura para o funcionamento do programa. Por fim foi desenvolvida uma interface gráfica para melhorar a interação do usuário com o robô de conversação.*

Keywords: *Chatterbots, AIML, Inteligência Artificial*

1. INTRODUÇÃO

Inteligência Artificial é uma área multidisciplinar dividida em 4 categorias, uma destas categorias é abordagem do teste de Turing, onde máquinas podem agir de forma humana. Este conceito foi introduzido em 1950 pelo trabalho do matemático Alan Turing intitulado como *Computing, Machinery and Intelligence* (Turing, 1950). Desde então as pesquisas em Inteligência Artificial vêm buscando uma forma de sistemas computacionais terem a habilidade de interação com o ser humano, através da compreensão e simulação do comportamento humano.

Um desses comportamentos é a simulação de diálogos entre computadores e pessoas, desta forma surgiram os *chatterbots*, que são programas de computadores que tentam simular o diálogo entre humanos.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um *chatterbot* para entender e dialogar com os estudantes das disciplinas de Inteligência Artificial do curso de Ciência da Computação, respondendo dúvidas sobre os principais conceitos em Inteligência Artificial.

Para o desenvolvimento e motivação deste chatterbot, foi analisado o robô de conversação Dr Elektra, que tem o objetivo de auxiliar os alunos nas disciplinas de Redes de Computadores e Física. Para mapear a sentenças e diálogos que foram usadas no chatterbot foi analisado o livro Inteligência Artificial (Russell e Norving, 2013), sendo esta obra a mais usada nas disciplinas de Inteligência Artificial. As ferramentas usadas para a construção deste chatterbot foram a linguagem de programação Python, acompanhada da linguagem de marcação para Inteligência Artificial AIML.

O trabalho está dividido da seguinte forma: a sessão 1 apresenta a introdução, a sessão 2 define o conceito de Chatterbots e o seu uso na educação a distância (EAD), a sessão 3 descreve quais são os requisitos para o funcionamento de um chatterbot, a sessão 4 descreve a metodologia e arquitetura usada no desenvolvimento do chatterbot aqui proposto, em seguida a sessão 5 apresenta um breve comparativo com o chatterbot Prof Elektra e pôr fim a sessão 6 conclui este trabalho.

2. CHATTERBOTS

Pode-se definir que os *chatterbots* são programas de computadores que tentam simular o diálogo entre humanos, no qual o objetivo é responder a perguntas de maneira que se tenha a impressão de conversar com outra pessoa e não com um programa de computador (Teixeira, 2005). Este termo *chatterbot* vem das palavras *chat* que significa (*Conversation Hypertext Access Technology* – Hipertexto de Conversação de Acesso à Tecnologia), e a palavra *bot* que é uma abreviação da palavra *Roboto*, em Tcheco, que significa trabalho forçado/escravidão.

Um dos primeiros chatterbots desenvolvidos foi o Elisa (Weizenbaum, 1966) pelo professor Joseph Weizenbaum do Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Este *chatterbot* tinha o objetivo de simular um diálogo entre um paciente e seu psicanalista, onde Elisa realizava as perguntas ao paciente e esperava o mesmo responde-las, assim como contar seus problemas pessoais.

Encontra-se *chatterbots* nas mais variadas áreas e finalidades, como por exemplo: existem *chatterbots* para sugerir produtos ou guiar o comprador em sites de compras online; encontra-se também no atendimento ao consumidor, para responder dúvidas de algum determinado serviço/produto ou até mesmo anotar reclamações dos usuários. Na educação a distância os *chatterbots* têm o objetivo de sugerir assuntos de discussão e tirar dúvidas sobre algum conceito da disciplina.

Um exemplo de *chatterbot* em EAD (Ensino a Distância) é a Professora Elektra (Leonhardt, 2003), projeto desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grade do Sul (UFGRS), que tem como o objetivo tirar dúvidas relacionadas as disciplinas de Física e Redes de Computadores.

Algumas vantagens no uso de *chatterbots* em EAD podem ser notados como, por exemplo, para (Primo, 1998):

– No lugar de o aluno buscar informações em páginas de FAQ (*Frequently Asked Question)* ele pode interagir com o robô buscando a informação rapidamente;

– Os *chatterbots* podem funcionar 24 horas por dia;

– Quando o *bot* é específico a um tema, pode servir para auxiliar o aluno no aprendizado de determinados conceitos;

– A conversa com o robô pode ser um incentivo ao trabalho do aluno, pois solicita dele uma participação mais ativa do que a mera leitura de um longo texto.

Para a construção de um *chatterbot* pode-se fazer uma analogia de como os humanos dialogam, como, por exemplo, no trabalho de (Pereira Filho, 2009), onde autor diz que durante um diálogo entre humanos em sua língua natural, são realizadas inúmeras e constantes consultas a uma base de conhecimento. Essa base é criada conforme vivemos e temos experiências em nossas vidas.

A ideia na construção de *chatterbots* é a mesma, precisa-se de uma base de conhecimento previamente construída sobre os padrões e conteúdo que o *bot* poderá ter durante a conversa. Para a interação entre o humano e o *bot*, precisamos de uma interface para transmitir os resultados visualmente. Contudo é necessário um interpretador que avaliará a entrada fornecida pelo usuário e buscará a melhor saída consultando a base de conhecimento.

3. PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL

Na sessão anterior foi descrito que o *bot* precisa de um interpretador para buscar a melhor resposta na sua base de conhecimento, esse interpretador pode ser definido como um sistema de Processamento de Linguagem Natural (PLN). Segundo (Oliveira, 2004), um sistema de PLN poderá interpretar uma sentença em linguagem natural se existirem analisadores morfológicos, sintáticos e semânticos, além de armazenar em uma base de conhecimento as palavras que o sistema compreende.

Um analisador morfológico identifica palavras ou sentenças isoladas em uma frase, para isso ele usa delimitadores que são espaços em branco e pontuação. Cada palavra identificada é categorizada, de acordo com a sua categoria gramatical. Para (Rich, 1993), o emprego do analisador morfológico é fundamental para a compreensão de uma frase, pois para formar uma estrutura coerente de uma sentença, é necessário compreender o significado de cada uma das palavras componentes.

Já o analisador da sintaxe define a estrutura de uma frase, com base de como as palavras se relacionam nessa frase. Segundo (Oliveira, 2004) um analisador sintático procura construir árvores de derivação para cada sentença, mostrando como as palavras estão relacionadas entre si.

O analisador semântico analisa o sentido das estruturas das palavras que foram reagrupadas pelo analisador sintático. Isso é possível graças ao analisador morfológico que analisou previamente as palavras individualmente.

O último requisito para construção de um *chatterbot*, é a base de dados que contém todo o conhecimento usado pelo *chatterbot*, para (Perreira Filho, 2009) é ela que determinará a qualidade do reconhecimento de uma pergunta do usuário, onde então será possível buscar uma resposta mais eficiente e coerente no contexto da conversação.

4. DESENVOLVIMENTO DO CHATTERBOT

Como primeira tarefa para a construção do *chatterbot* foi realizado o mapeamento das sentenças e inserção na base de conhecimento. Para essa tarefa foi utilizado o livro Inteligência Artificial (Russel e Norving, 2013) como estudo bibliográfico, onde foram retiradas as principais sentenças para o *chatterbot*. Em cada sentença mapeada existe uma pergunta e uma resposta como por exemplo:

– Pergunta: "*O que é Inteligência Artificial? ";*

– Resposta: "*Definir Inteligência Artificial (IA) é difícil, pois se trata de uma área multidisciplinar. Porém para facilitar o entendimento IA pode ser dividida em 4 abordagens: AGINDO DE FORMA HUMANA; PENSANDO COMO UM HUMANO; AGINDO RACIONALMENTE; PENSANDO RACIONALMENTE. Você pode me perguntar sobre algumas destas abordagens.".*

Nota-se que a resposta contém opções para o usuário seguir, como, por exemplo: "AGINDO DE FORMA HUMANA" ou PENSANDO COMO UM HUMANO", fazendo isto é mais difícil para o usuário sair do tema proposto do *chatterbot*. Entretanto se o aluno sair do tema do chatterbot deve existir sentenças que o coloquem ele de volta para o objetivo da conversa, como por exemplo:

– Pergunta: "*Vai chover hoje? ";*

– Resposta: "*Não sei lhe dizer sobre isso, vamos falar sobre outra coisa? Você sabia que máquinas podem aprender? Quer saber mais? Pergunte-me sobre APRENDIZADO DE MÁQUINA.".*

Nesta fase de mapeamento, foram retiradas 40 sentenças relacionadas a Inteligência Artificial e algumas sentenças sociais como cumprimentos, saudações etc. As sentenças sociais servem para que o chatterbot simule o mais próximo possível de uma conversa real entre humanos.

Como citado na sessão 3 o *chatterbot* precisa que as sentenças sejam inseridas em uma base de conhecimento. Para este chatterbot se utilizou AIML para armazenar as sentenças. Segundo (MARIETTO, 2013) AIML é uma linguagem de marcação baseada em XML e tem como objetivo facilitar a tarefa de modelagem das sentenças para o chatterbot. A Figura 1 exemplifica como é estruturado uma sentença para o *chatterbot*.

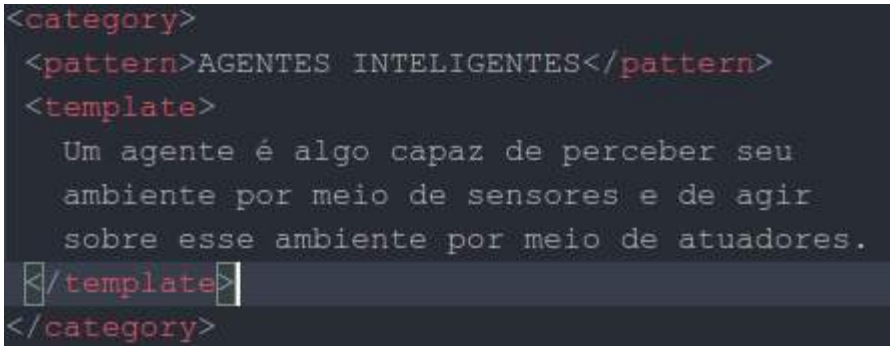


Figura 1. Exemplo AIML

Nota-se que na Figura 1 as *tags* "<category>" demarcam o início de uma nova sentença para o chatterbot; as *tags* "<pattern>" representam qual é a pergunta e as *tags* "<template>" representam a resposta para sentença.

O próximo passo na construção do *chatterbot* foi desenvolver a interface para o usuário entrar com as perguntas, os analisadores e a comunicação com a base de conhecimento. Para o desenvolvimento dos analisadores e interface foi utilizada a linguagem de programação Python na versão 2.7. A escolha desta linguagem se dá pelos seguintes motivos: Python é uma linguagem de alto nível, fácil de manipular podendo ser altamente produtiva e tem sua curva de aprendizado menor quando comparada com outras linguagens de programação.

Outra justificativa para utilização da linguagem Python é sua grande quantidade de bibliotecas, sendo uma delas a biblioteca de AIML, usada para comunicação entre a base de dados em AIML e os analisadores. A Figura 2 apresenta um diagrama sobre a arquitetura do chatterbot.

Na Figura 2, o aluno entra com uma frase através da interface, essa frase é passada pelos analisadores: morfológico, sintático e semântico. O resultado dos analisadores é enviado ao módulo responsável pela conexão com a base de conhecimento em AIML e então é retornado, a melhor resposta para o usuário. Quando a frase for ilegível ou não exista alguma sentença para esta, o bot deverá retornar uma mensagem de que não compreende o que está sendo entrado, a Figura 3 apresenta um exemplo de entrada e uma resposta possível do chatterbot.

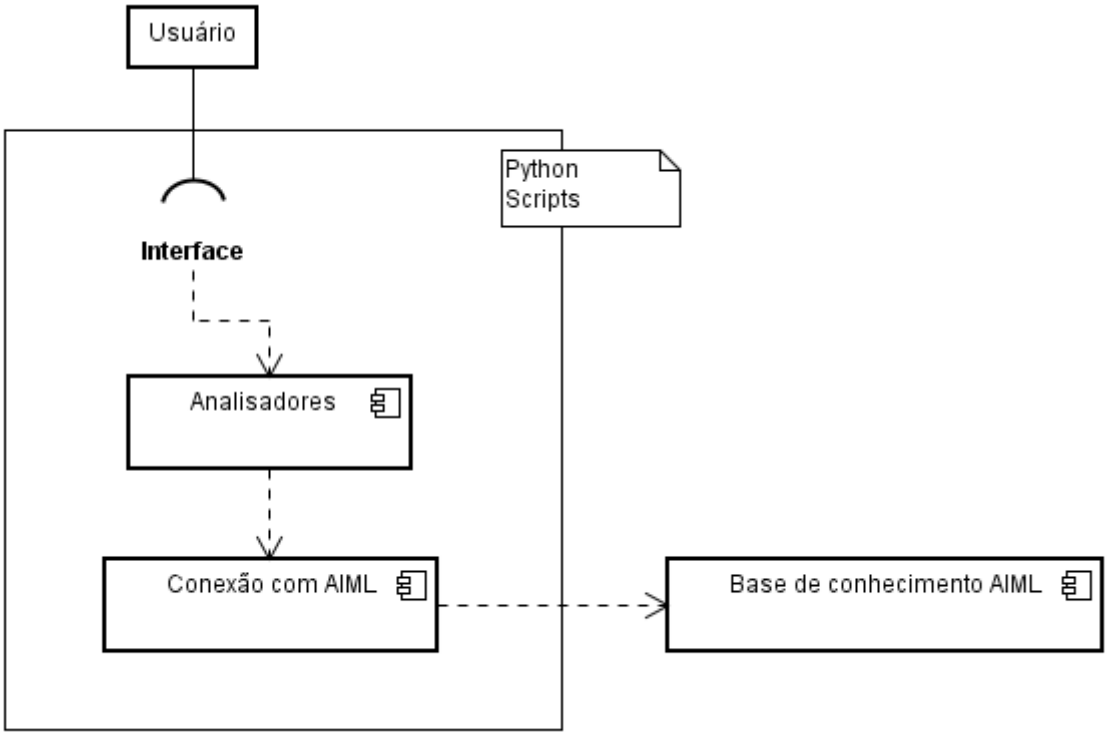


Figura 2. Arquitetura do Chatterbot

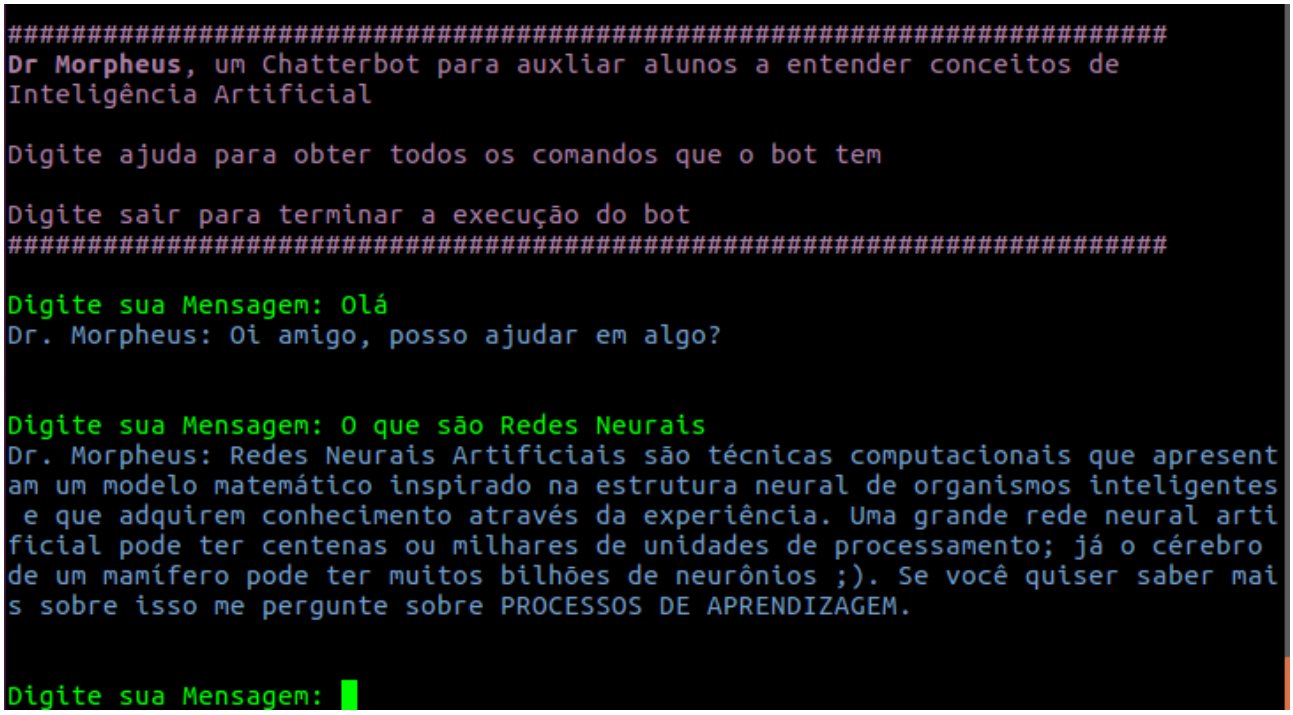


Figura 3. Exemplo de Interface no Terminal.

Como se pode notar na Figura 3 a interface usada foi via terminal não existindo uma interface gráfica, então a última etapa no desenvolvimento do *chatterbot* foi a construção de uma interface web e a comunicação entre esta nova interface e o módulo do *chatterbot*. Para a construção da interface gráfica foram utilizadas ferramentas usadas no desenvolvimento de sites web como HTML 5, CSS e Javascript, a Figura 4 apresenta a interface gráfica e um exemplo de entrada e resposta do *chatterbot*.

Figura 4. Interface Gráfica do Chatterbot.

5. COMPARATIVOS ENTRE CHATTERBOTS

Como descrito anteriormente a construção do chatterbot apresentado nesse trabalho foi motivada pelo trabalho de (Leonhardt, 2003), o chatterbot Prof Elektrra, a interface e um exemplo de entrada desse chatterbot pode ser visto na Figura 5. Nota-se que a interface gráfica do chatterbot Prof Elektra é simples e intuitiva. Foram feito algumas perguntas como demonstra a figura 5. Sobre as sentenças que o Prof Elektra tem, pode-se dizer que existem diálogos bem concretos e nenhuma das vezes o chatterbot fugiu do tema ou assunto.

Comparando os chatterbots, pode se dizer que a interface gráfica do chatterbot desenvolvido neste trabalho é mais moderna do que a do comparado. Referente as sentenças, apenas testes com usuários poderão dizer se o chatterbot atende com o seu objetivo.

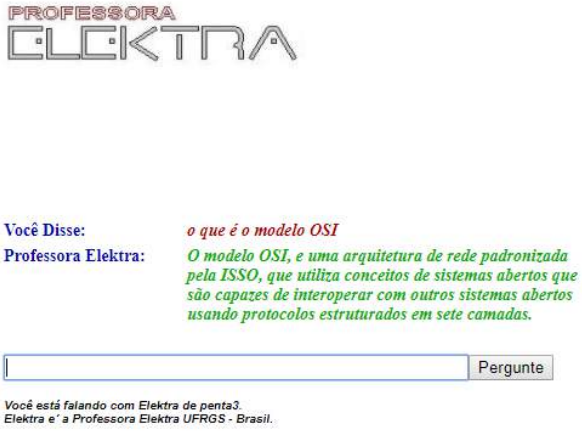


Figura 5. Exemplo da Interface e Execução da Prof. Elektra.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a metodologia e técnicas usadas para o desenvolvimento do chatterbot. Algumas melhorias necessitam ser feitas assim como a realização de testes com usuários. A fase de testes é importante para determinar se o chatterbot atende com o objetivo proposto e quais são as sentenças que precisam ser refeitas e adicionadas.

Os scripts, códigos e a base de conhecimento do chatterbot estão disponibilizados na plataforma Github sendo esses de código aberto[1]. O próximo passo é disponibilizar o chatterbot online para qualquer estudante poder testar e sugerir melhorias e futuramente poder aumentar as áreas que este chatterbot poderá responder. Uma outra etapa para este chatterbot é integrar ele com outras plataformas de chat, como o Messenger e o Telegram.

7. REFERÊNCIAS

Leonhardt, Michelle Denise et al. “Elektra: Um chatterbot para uso em ambiente educacional”. RENOTE, v. 1, n. 2, 2003.

Marietto, Maria das Graças Bruno, et al. "Artificial intelligence markup language: A brief tutorial.". 2013.

Oliveira, Fabio AD; Navaux, Philippe Olivier Alexandre. “Processamento de linguagem natural: princípios básicos e a implementação de um analisador sintático de sentenças da língua portuguesa”. Rio Grande do Sul, 2004.

Perreira Filho, Eustáquio Cézar. “O Uso do Processamento de Linguagem Natural na Construção de Chatterbots”. 2009

Primo, Alex FT et al. “O uso de chatterbots na educação à distância”. In: IV Workshop de Informática na Educação. Porto Alegre: UFRGS, 12p. 1998.

Rich, E.; Knight, K. “Inteligência Artificia”l. Makron Books, 1993, 722p.

Russell, Stuart J. (Stuart Jonathan), “Inteligência artificial”. Stuart Russell, Peter Norvig. Elsevier, 2013.

Teixeira, S. Chatterbots – “Uma proposta para a construção de bases de conhecimento”. v. 15, 2005.

Turing, Alan M. “Computing machinery and intelligence”. Mind, v. 59, n. 236, p. 433-460, 1950.

Weizenbaum, Joseph. “ELIZA— A computer program for the study of natural language communication between man and machine”. Communications of the ACM, v. 9, n. 1, p. 36-45, 1966.

8. NOTAS DE RESPONSABILIDADE

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

[1] Os códigos desenvolvidos nesse chatterbot podem ser encontrados através do seguinte link: <https://github.com/marcosvlima/chatterbot-DrMorpheus>

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Ciências Contábeis

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ADMINISTRAÇÃO FINANCEIRA: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO SOBRE A ESTRUTURAÇÃO FINANCEIRA EMPRESARIAL

Angélica Ferrari
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil
angelica_f@outlook.com.br

Aldecir Jose Theodoro
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil
aldecir@uri.com.br

Géssica Stodulski
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil
stodulski18@outlook.com.br

Idionir Scalabrin
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
scalabrin@uri.com.br

Edson Luis Kammler
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
edsonkammler@uri.com.br

Valmor Vancin
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
vancin@uri.com.br

Resumo. *A tomada de decisões referentes a investimentos e financiamentos, bem como a análise, planejamento e controle financeiro proporciona a definição de decisões estratégicas que ocasionem a alavancagem das operações empresariais. O objetivo deste estudo é evidenciar a importância da administração financeira para gestores das mais diversas áreas das empresas. Justifica-se o estudo uma vez que o objetivo econômico das empresas é a maximização de seu valor de mercado, remunerando o capital dos proprietários e investidores. A tipologia da pesquisa quanto aos objetivos trata-se de uma pesquisa descritiva, pois busca descrever as características de determinado tema a ser estudado, identificando as relações entres as variáveis estudadas. Quanto aos procedimentos trata-se de uma pesquisa bibliográfica, sendo que esse método constitui parte descritiva quando objetiva recolher informações e conhecimentos prévios com relação do tema proposto. Buscou-se evidenciar, a partir da pesquisa, a revisão dos principais conceitos da administração financeira, dando enfoque ao capital de giro, controles financeiros, custo de capital e às fontes de financiamento para as empresas. Assim, conclui-se que a administração financeira como um todo objetiva a maximização do valor de mercado e, consequentemente, a riqueza dos proprietários ou acionistas, tendo para isso a necessidade de construção de um sistema financeiro sólido e confiável que consiga suprir as metas de lucratividade desejadas pela empresa.*

Palavras-Chave: *Administração Financeira, Capital de Giro, Controles Financeiros.*

1. INTRODUÇÃO

A existência de um sistema de gestão financeira eficaz é importante para geração de lucros para os investidores ou proprietários do capital. Esse mesmo sistema proporciona uma relação entre os administradores e empregados com os

agentes econômicos. Para auxiliar na gestão, a administração financeira atua com o propósito de unir informações e dados que auxiliem no gerenciamento das finanças de uma empresa. Seu foco principal é constituição de um valor de mercado favorável à instituição para que haja enriquecimento dos seus proprietários, sejam esses acionistas ou sócios.

A tomada de decisões referentes a investimentos e financiamentos, bem como a análise, planejamento e controle financeiro proporciona a definição de decisões estratégicas que ocasionem a alavancagem das operações empresariais. Além disso, torna-se possível uma gestão correta sobre os riscos econômicos e financeiros diante do retorno esperado pelo total de capital investido.

Diante disto, o objetivo deste estudo é evidenciar a importância da administração financeira para gestores das mais diversas áreas das empresas. Justifica-se o estudo uma vez que, o objetivo econômico das empresas é a maximização de seu valor de mercado, remunerando o capital dos proprietários e investidores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Hoji (2012) os proprietários de empresas privadas esperam que seu investimento produza um retorno compatível com o risco assumido, por meio de geração de resultados econômicos e financeiros (lucro e caixa) adequados por longo prazo, ou melhor, indefinidamente, pois o investimento é feito em caráter permanente.

Com ênfase na administração do capital de giro, Assaf Neto e Silva (2012), afirmam que esta tem participação relevante no desempenho operacional das empresas, cobrindo geralmente mais da metade de seus ativos totais investidos. Já a administração inadequada do capital de giro resulta-se em sérios problemas financeiros, contribuindo efetivamente para a formação de uma situação de insolvência.

De acordo com Hoji (2012), o capital de giro é conhecido também como capital circulante e corresponde aos recursos aplicados em ativos circulantes, que se transformam constantemente dentro do ciclo operacional. Para ele, o estudo do capital de giro é fundamental para a administração financeira, porque a empresa precisa recuperar todos os custos e despesas (inclusive financeiras) incorridos durante o ciclo operacional e obter o lucro desejado, por meio da venda do produto ou prestação de serviço.

Para Hoji (2017) os passivos circulantes representam as fontes de financiamento a curto prazo da empresa. Algumas fontes são geradas pelas próprias operações, tais como duplicatas a pagar aos fornecedores, impostos a recolher, salários e encargos sociais a pagar. Outras são provenientes de atividades financeiras, como os financiamentos e empréstimos bancários.

Ainda de acordo com este autor, as principais fontes de financiamento são onerosas, pois geram encargos financeiros, tais como empréstimos e financiamentos bancários e parcelamentos de impostos vencidos. As duplicatas a pagar aos fornecedores de materiais e serviços, se forem financiadas, embutem encargos financeiros, de uma forma ou de outra. Muitas vezes, ocorre o seguinte: existe o "preço normal de tabela", com prazo de pagamento de 30 dias, mas obtém-se um desconto se for pago à vista. Nesse caso, deve ser considerado como "preço normal" aquele de pagamento à vista, e "preço normal de tabela" o preço com encargos financeiros incluídos.

É explicado por Hoji (2017) que existem fontes de financiamento não onerosas geradas naturalmente pelas operações normais da empresa. As principais são: salários a pagar, encargos sociais a recolher, impostos a recolher e provisões para férias e 13º salário.

Ainda de acordo com essa explicação, existe grande variedade de operações financeiras no mercado financeiro que atende às necessidades de financiamento de curto prazo das empresas. Porém, um país que depende substancialmente de capital estrangeiro para impulsionar seu crescimento econômico (por insuficiência de poupança interna) tem, de modo geral, os custos de empréstimos em moeda local mais alto do que os custos de empréstimos em moeda estrangeira.

2.1 Sistema de Controles Financeiros

A obtenção de uma liquidez confortável e dos resultados projetados se dá diante de constantes tomadas de decisões. Para que essas decisões sejam as mais exatas há a necessidade da manutenção de controles. Diante dessa perspectiva, o controle financeiro permite avaliar os melhores caminhos para se alcançar os objetivos da empresa.

Conforme evidenciado por Trombetta (2014) a principal finalidade dos controles financeiros é gerar informações úteis e confiáveis, em tempo hábil, para o empresário tomar decisões e, para que isso ocorra, os controles gerados devem ser organizados e eficientes.

Para Resnik (1990) os controles decisivos em uma pequena empresa estão relacionados ao caixa, ao estoque, contas a pagar e as contas a receber, são esses controles que fornecem as informações necessárias para utilização dos instrumentos da gerência financeira, analisando a gestão do capital de giro, o fluxo de caixa e apurar resultados.

2.1.1 Controle de Caixa e Bancário

De um modo geral, o controle de caixa registra todas as entradas e saídas de dinheiro, além de apurar o saldo atual em caixa. A sua principal finalidade é verificar se não existem erros de registros ou desvios de recursos. Por esse

controle, o caixa é conferido diariamente e as diferenças porventura existentes têm de ser apuradas no mesmo dia (SEBRAE, 2016).

Ainda de acordo com o SEBRAE (2016) quando a diferença ocorrer por erros de registros, corrigem-se os erros e a diferença está zerada. Na hipótese de a diferença ocorrer por desvios de recursos, resta ao empresário tomar imediatamente uma decisão que solucione o fato. O controle de caixa fornece informações para controlar possíveis valores depositados em contas bancárias da empresa, analisar as despesas que estão sendo pagas e fornecer os dados necessários para uma adequada gestão do fluxo de caixa.

Para Iudícibus (2000) existem dois tipos de controle de caixa: de fundo fixo e de caixa flutuante. No de fundo fixo é definido uma quantia fixa em caixa suficiente para pagamentos de diversos dias e periodicamente é feito prestação de contas do valor desembolsado. No caixa flutuante há os recebimentos e pagamentos em dinheiro, em seu saldo também pode ter vales adiantamentos para despesas, cheques, etc.

Já o controle bancário registra diariamente a movimentação bancária e o controle de saldos existentes na conta da empresa, bem como os pagamentos feitos por meios bancários e demais valores debitados em conta.

O controle bancário tem duas finalidades: a primeira consiste em confrontar os registros da empresa e os lançamentos gerados pelo banco, além de apurar possíveis diferenças nos registros; a segunda é gerar informações sobre os saldos bancários existentes, inclusive se são suficientes para pagar os compromissos do dia (SEBRAE, 2016).

2.1.2 Controle de Vendas e de Contas a Receber

O controle de vendas tem por objetivo o acompanhamento das vendas realizadas diariamente proporcionando a análise dos valores acumulados durante o mês. Esse controle favorece a tomada de decisões para que as metas planejadas sejam alcançadas no fim do período. De um modo amplo, ele pode ser organizado para fornecer as seguintes informações: controlar as vendas diárias e os respectivos prazos de recebimento, totalizar as vendas mensais, fornecer dados para conferência de caixa e fornecer informações ao setor de compras e para o fluxo de caixa (SEBRAE 2016).

De acordo com Reinert e Bertolini (2007) as contas a receber são representadas, normalmente, por faturas ou duplicatas e são relacionadas com as receitas da empresa. A correta administração das contas a receber pode resultar em melhorias das operações, no entanto, se os candidatos a crédito e os métodos de cobrança não forem escolhidos corretamente, poderá haver redução nos recebimentos de caixa, o que poderá fazer com que a empresa procure capital adicional para financiar as vendas.

O SEBRAE (2016) expõe que o controle de contas a receber deve ser organizado para: fornecer informações sobre o total dos valores a receber de clientes, estimar valores que entrarão no caixa de acordo com o seu período de vencimento, conhecer o montante de contas já vencidas e os respectivos períodos de atraso providenciando a cobrança destes e o fornecimento de informações para a elaboração do fluxo de caixa.

2.1.3 Controle de Estoques

Para Reinert e Bertolini (2007) a manutenção de um adequado controle da movimentação em quantidade e valor dos estoques é essencial não só para fins gerenciais e de controle interno como para espelhar corretamente seus reflexos e resultados na contabilidade.

Ainda de acordo com estes autores, o objetivo principal do controle de estoque é a minimização do custo total. Existem dois tipos de custos, o de aquisição e o de manutenção. Os de aquisição envolvem as despesas realizadas na obtenção do item para o estoque e os de manutenção são as despesas para manter o estoque.

Para o SEBRAE (2016) controlando os estoques é possível evitar desvios, fornecendo informações para reposição de produtos vendidos, facilitando as providências para redução dos produtos parados no estoque. O controle de estoque deve ser organizado para fornecer as seguintes informações: montante financeiro do estoque e o valor por linha de produtos, quantidades em cada item de estoque, quantidade e custo das mercadorias vendidas, estoques sem movimentação e necessidades de compras e/ou reposição de estoques e fluxo de caixa.

2.1.4 Controle de Contas a Pagar

De acordo com Reinert e Bertolini (2007) o controle de contas a pagar proporciona uma visualização global dos compromissos assumidos pela empresa, permitindo acompanhar de forma fácil os pagamentos a serem efetuados em determinado período.

Já para o SEBRAE (2016) o controle de contas a pagar fornece várias vantagens, entre elas estão: prioridades de pagamento em caso de dificuldades financeiras, controle do montante de compromissos vencidos e não vencidos e o montante de valores a pagar. Esse controle deve ser preenchido de acordo com o vencimento, sendo que o ideal é que a organização dos compromissos seja feita mês a mês, ou seja, compras com vencimento em janeiro devem ser registradas em um controle, compras em fevereiro em outro e, assim, respectivamente.

2.2 Custo de Capital

Em relação ao custo de capital, Assaf Neto e Lima (2017, p. 233), expuseram que este está associado à taxa de retorno exigida de um investimento. Ao tomar uma decisão de investimento, a empresa deve recorrer ao mercado de capitais para buscar financiamento. O retorno exigido pelos proprietários desses recursos (credores e acionistas) é a base de estimar o custo de capital.

Ainda de acordo com estes autores, quanto mais arriscada for à decisão de investimento, maior o custo de capital pela exigência de mais elevado prêmio de risco. O custo de capital é determinado principalmente pelo risco associado ao investimento, e não pela forma como esse investimento é financiado.

Um exemplo sobre esta análise, citado por Assaf Neto e Lima (2017, p. 233), é a situação de tomar recursos no mercado para investir na expansão de um produto existente, e bem consolidado entre os consumidores, ou utilizar os recursos para lançamento de um novo produto, deve exigir retornos diferentes. Os riscos são desiguais, pois lançar um produto novo traz maior incerteza de sucesso que expandir a oferta de um produto existente, já testado e aprovado pelo mercado.

Desta forma, torna-se possível evidenciar que não é a forma como o investimento é financiado que determinará o seu custo, e sim o risco associado à decisão de investir os recursos.

Segundo Gitman (1997, p. 382), o custo de capital é um conceito dinâmico afetado por uma variedade de fatores econômicos e empresariais. Com o objetivo de isolar a estrutura básica do custo de capital, este elaborou algumas premissas básicas relativas ao risco e taxas:

Risco de negócio ou risco operacional: é o risco que a empresa corre de ser incapaz de cobrir os custos operacionais. Essa premissa significa que a aceitação de um determinado projeto pela empresa mantém sua capacidade em saldar os custos operacionais inalteradas.

Risco financeiro: é o risco que a empresa corre de ser incapaz de cumprir com os compromissos financeiros exigidos (juros, pagamento de empréstimos, dividendos de ações preferenciais). Essa premissa significa que os projetos são financiados de tal forma que a capacidade da empresa para saldar os custos financeiros exigidos mantenha-se inalterada.

Custos depois dos impostos: o custo do capital é medido após o imposto de renda. Essa premissa torna-se coerente com a estrutura usada para tomada de decisões quanto ao orçamento de capital.

Conforme evidenciado por Assaf Neto e Lima (2017, p. 233), como a empresa possui diversas fontes de financiamento (próprias e de terceiros), o custo total de capital é determinado pela média ponderada dos custos associados a cada alternativa. É o que se denomina de Custo Médio Ponderado de Capital, também conhecido como Weighted Average Capital Cost (WACC). O WACC é a taxa mínima de retorno exigida sobre todos os investimentos da empresa, refletindo tanto o custo do capital próprio como o custo do capital de terceiros.

2.2.1 Custo de Capital de Terceiros e de Capital Próprio

Para Assaf Neto e Lima (2017, p. 234), o custo de capital de terceiros é a remuneração exigida pelos credores de dívidas da empresa. É o custo hoje, geralmente líquido do Imposto de Renda, para se levantarem recursos de empréstimos e financiamentos no mercado. Ele é definido de acordo com os passivos onerosos identificados nos empréstimos e financiamentos mantidos pela empresa.

Ainda de acordo com estes autores, ao tomar recursos emprestados de terceiros, a empresa assume um compromisso de desembolso financeiro, devendo pagar em condições fixas e previamente estabelecidas o principal e os juros da dívida. No entanto, o retorno desses recursos para a empresa fica vinculado ao sucesso da aplicação. Ao não resgatar sua dívida nas condições em que foi contratada, a empresa se sujeita a ser acionada legalmente pelo credor, podendo inclusive ter sua falência requerida.

Para Assaf Neto e Lima (2017, p. 235), o custo de capital próprio revela o retorno desejado pelos acionistas de uma empresa em suas decisões de aplicação de capital próprio. Dessa forma, quanto mais elevado apresentar-se o risco da decisão, maior o retorno exigido pelos proprietários de capital, já para níveis mais baixos de risco, é possível remunerar os investidores com taxas de retorno também mais reduzidas.

Para eles, o custo do capital próprio é o retorno mínimo que os acionistas exigem de seu capital investido na empresa. Equivale ao rendimento mínimo que a empresa deve obter para remunerar seus acionistas e manter o preço de mercado de suas ações. Um ativo deve promover uma promessa de retorno que compense o risco assumido. Ou seja, um risco adicional somente é aceito na expectativa de uma remuneração adicional equivalente.

Em conteúdo exposto por Hoji (2012, p. 195), há a definição de capital próprio como aquele obtido por meio de integralização de ações preferenciais e ordinárias e com os lucros retidos. Também é evidenciado que os investimentos com prazo de retorno longo ou de alto grau de risco devem ser financiados com capital próprio, pois em caso de insucesso das operações haveria menos aperto de liquidez.

De acordo com comparação realizada por Assaf Neto e Lima (2017, p. 234), o custo do capital de terceiros é menor comparativamente ao do capital próprio. Duas importantes razões explicam essa diferença.

Primeiramente, o retorno do acionista está vinculado ao sucesso dos negócios, à geração de lucros em volume suficiente para remunerar o custo do capital investido. Caso a empresa apure prejuízo, o acionista não terá direito algum

de pleitear pagamento pelos recursos aplicados assumindo o risco do negócio. Em consequência, exige um prêmio pelo risco maior.

Já o credor recebe garantias efetivas da devolução do capital emprestado, como aval, hipoteca etc., e tem os pagamentos da dívida livres de qualquer relação formal com os resultados apurados pela empresa. A empresa tomadora de recursos não tem como justificar sua eventual inadimplência por um resultado negativo em seus negócios.

A partir destas informações torna-se possível expor que o custo do capital de terceiros é mais baixo que o do capital próprio em razão principalmente de o credor ter menos risco que o acionista, podendo assim ser remunerado por uma taxa mais baixa e por ocasião das despesas de juros pagas pelos passivos serem dedutíveis para efeito de IR, reduzindo o custo financeiro.

2.3 Fontes de Financiamento

Conforme citado por Assaf Neto e Lima (2017) os financiamentos de longo prazo de uma empresa são justificados pela necessidade de viabilizar investimentos em capital de giro e, principalmente, em capital fixo. Além do volume de recursos necessários, a decisão de financiamento exige conhecer as alternativas de crédito disponíveis no mercado, análise de seus custos, riscos, e as garantias exigidas.

As operações financeiras de captação (empréstimos e financiamentos) e aplicação de recursos são desenvolvidas por instituições e instrumentos financeiros que compõem o Sistema Financeiro Nacional. As operações do Sistema Financeiro Nacional podem ser realizadas por meio de quatro grandes segmentos: mercado monetário, de crédito, cambial e de capitais.

Para Cavalcante (2005, p. 15) o mercado monetário é de curtíssimo e curto prazo e tem por finalidade o controle da liquidez monetária da economia e suprimentos momentâneos de caixa. No mercado de crédito observa-se um prazo de curto e médio prazo tendo por objetivo o financiamento do consumo e capital de giro das empresas. O mercado cambial identifica-se pelas várias negociações (compra e venda) que envolvem instituições financeiras bancárias e não bancárias autorizadas com moedas estrangeiras conversíveis. Já no mercado de capitais centraliza-se o financiamento de investimentos, de giro e especial de médio e longo prazo.

2.3.1 Financiamento por Recursos Próprios

Foi exposto por Assaf Neto e Lima (2017, p. 258) que o financiamento de uma empresa por meio de recursos próprios pode desenvolver-se pela retenção de seus resultados líquidos (autofinanciamento) e, principalmente, pela integralização de novas ações. O processo de integralização de novas ações, que se desenvolve dentro do segmento acionário do mercado de capitais, obedece a um fluxo sequencial de atividades.

Diante disso, torna-se importante ressaltar que a emissão de ações equivale a colocar os valores mobiliários em negociação (em circulação para venda) no mercado. Já a emissão pública de ações é o lançamento para venda de ações destinadas ao público investidor, essa operação é realizada mediante intermediação de uma instituição financeira.

2.3.2 Financiamento por Recursos de Terceiros

De acordo com Assaf Neto e Lima (2017, p. 262) as principais modalidades de empréstimos e financiamentos a longo prazo, praticadas com recursos de terceiros e disponíveis às empresas no mercado de capitais, podem ser classificadas de acordo com os tipos seguintes: empréstimos e financiamentos diretos, repasses de recursos interno e externos, subscrição de debêntures e arrendamento mercantil (leasing).

2.3.3 Empréstimos e Financiamentos Diretos

Para Assaf Neto e Lima (2017, p. 262) os empréstimos e financiamentos diretos referem-se às operações de captação de recursos processadas diretamente por uma empresa nas instituições financeiras componentes do mercado de capitais. As instituições financeiras não bancárias operam com linhas de crédito de longo prazo, mediante o uso de recursos próprios e, também, de captações que processam no mercado. Por exemplo, a colocação de Certificados de Depósitos Bancários, por parte dos Bancos de Investimento, visa suprir o financiamento de capital de giro que essas instituições promovem no mercado.

2.3.4 Repasses de Recursos Internos e Externos

Os repasses de recursos internos identificam os recursos oficiais alocados para o financiamento da expansão e modernização do setor produtivo e outras atividades consideradas como de interesse econômico nacional. A transferência desses recursos processa-se normalmente mediante a intermediação de alguma instituição financeira do mercado de capitais, podendo destinar-se, entre outras, para as atividades comerciais e industriais (mesmo de exportação), agrícolas e de construção civil (Assaf Neto e Lima, 2017, p. 262).

Essa forma de financiamento assume grande destaque no Brasil, dadas às elevadas taxas de juros praticadas nas operações de crédito privadas e nos reduzidos prazos de amortização. Os fundos oficiais internos apresentam normalmente baixos custos aos tomadores e provêm, basicamente, de dotações orçamentárias da União, da poupança compulsória, de incentivos fiscais e de captações processadas no exterior.

Para Assaf Neto e Lima (2017, p. 262), os repasses de recursos externos são poupanças captadas no exterior, por instituições financeiras atuantes no mercado nacional e, a seguir, repassadas no mercado interno para as várias empresas interessadas. Essa modalidade de crédito prevê o envolvimento de três partes: o banco estrangeiro emprestador dos recursos, o banco nacional captador e repassador dos recursos externos e a empresa nacional financiada.

Essa operação de repasse é regulamentada por resolução do Banco Central do Brasil. Algumas captações de recursos externos podem, todavia, ser executadas sem a necessidade da presença da instituição financeira nacional repassadora. A empresa financiada poderá contratar diretamente a operação com instituições financeiras internacionais, atuando a instituição financeira nacional como avalista.

As empresas brasileiras podem ainda captar recursos no exterior para financiar seus projetos de investimentos, através da emissão de títulos de dívida de longo prazo no mercado internacional. Entretanto, torna-se necessário ressaltar que a captação de recursos em moeda estrangeira introduz para a empresa brasileira tomadora o risco de variação cambial e da conjuntura internacional.

3. METODOLOGIA

A tipologia da pesquisa quanto aos objetivos trata-se de uma pesquisa descritiva, pois busca descrever as características de determinado tema a ser estudado, identificando as relações entres as variáveis estudadas. Quanto aos procedimentos trata-se de uma pesquisa bibliográfica, sendo que esse método constitui parte descritiva quando objetiva recolher informações e conhecimentos prévios com relação ao tema proposto. Por tratar-se de um estudo bibliográfico não houve a definição de população e amostra, ou a realização de análise de dados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos, mudanças nos ambientes econômicos aumentaram a importância e a complexidade dos profissionais da área de finanças. As reflexões apontadas nesse estudo evidenciam a importância de uma adequada gestão financeira para todas as empresas. Cada empresa possui uma forma de organização, as decisões empresariais podem ser medidas em termos financeiros e, por isso, o gestor financeiro precisa relacionar-se com as demais áreas da empresa.

Os planos financeiros especificam as ações de curto e longo prazo e os impactos previstos, esses planos permitem visualizar as linhas de financiamento para o desenvolvimento de novos produtos, melhorias nos processos ou outros. Assim, torna-se possível identificar os resultados esperados a partir das decisões de investimento e, se estas resultarão em melhores retornos aos investidores.

Por fim, destaca-se que as decisões financeiras não devem ser tomadas isoladamente, mas sim com a utilização de informações fornecidos por outras áreas da empresa, buscando manter a lucratividade da organização.

5. REFERÊNCIAS

Assaf Neto, A., Lima, F. G., 2017. Fundamentos da Administração Financeira. 3° ed., São Paulo: Editora Atlas S.A.

Assaf Neto, A., Silva, C. A. T., 2012. Administração do Capital de Giro. 4° ed., São Paulo: Editora Atlas S.A.

Cavalcante, F., 2005. Mercado de Capitais: o que é, como funciona. 6° ed., Rio de Janeiro: Editora Campus.

Gitman, L. J., 1997. Princípios de Administração Financeira. 7° ed., São Paulo: Editora Harbra Ltda.

Hoji, M., 2017. Administração Financeira e Orçamentária. 12° ed., São Paulo: Editora Atlas S.A.

Iudícibus, S., 1998. Manual de Contabilidade das Sociedades por Ações. 5° ed., São Paulo: Editora Atlas.

Reinert, N., Bertolini, G. R. F. 2007. A Necessidade de Organização dos Controles Financeiros para uma Melhor Gestão de Empresas de Pequeno Porte. VI Seminário do centro de ciências sociais aplicadas de Cascavel: UNIOSTE.

Resnik, P., 1990. A Bíblia da Pequena Empresa. São Paulo: McGraw-Hill.

Sebrae Nacional, 2016. Controles Financeiros são Essenciais para a Gestão do Capital de Giro. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/controles-financeiros-sao-essenciais-para-a-gestao-do-capital-de-giro,df395415e6433410VgnVCM1000003b74010aRCRD>, acessado em 03/09/2017.

Trombetta, A., 2014. A Importância do Controle Financeiro nas Empresas. Disponível em: < http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3353/1/PB_EGCF_IX_2014_03.pdf>, acessado em 03/09/2017.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PLANEJAMENTO EMPRESARIAL: UMA REVISÃO TEÓRICA DO ORÇAMENTO DE PRODUÇÃO E VENDAS

Angélica Ferrari
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
angelica_f@outlook.com.br

Aldecir Jose Theodoro
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
aldecir@uri.com.br

Idionir Scalabrin
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
scalabrin@uri.com.br

Rodrigo André Cechett
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
Av. Sete de Setembro, 1621 – Prédio 8 – Sala 8.13 – 99.709-910 – Erechim, RS – Brasil.
cechett@uricer.edu.br

Resumo. *O orçamento empresarial proporciona aos gestores uma ferramenta que, ao mesmo tempo em que agiliza a tomada de decisões, inclui no processo de gestão informações claras e objetivas e que possibilita à empresa atingir os objetivos corporativos.O objetivo do estudo é apresentar uma revisão teórica acerca do orçamento de vendas e de produção, os quais são utilizados como parâmetro na definição das estratégias organizacionais. Justifica-se o estudo por apresentar os dois principais pontos que proporcionam a estruturação de um planejamento estratégico sobre os dados quantitativos que espera-se gerar em um determinado período. Quanto aos procedimentos, é uma pesquisa bibliográfica descritiva, pois busca explicar um problema a partir de referências teóricas, sendo que este método de pesquisa constitui o procedimento básico para estudos, uma vez que é desenvolvido a partir de material já elaborado, principalmente artigos científicos e livros. Entre as conclusões evidenciadas no estudo, pode-se apresentar a cultura como um reflexo da maneira como os membros dos grupos executam e administram as atividades na busca dos objetivos da organização. Além disso, ressalta-se que se o planejamento orçamentário indicar que o potencial de produção não acompanhará as metas de vendas, ou vice versa, pode-se desenvolver um plano para aumentar a capacidade produtiva ou reduzir as metas de vendas, assim, o orçamento contribui para que a empresa desenvolva a habilidade de antecipar problemas potenciais.*

Palavras-Chave: *Planejamento Empresarial, Orçamento de Vendas, Orçamento de Produção.*

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente complexidade dos negócios, o orçamento passou por uma reestruturação. Diante dos novos cenários, Passarelli e Bomfim (2004) explicam que surgiu a necessidade da geração de métodos administrativos mais apurados, técnicas de planejamento com mais expansão nas suas aplicações. Tais fatores favoreceram a modificação dos seus conceitos básicos e de seus métodos de elaboração.

A ampliação da estruturação e, consequentemente, da utilização dos orçamentos em empresas privadas se deu após a comprovação de sua eficiência como instrumento de planejamento e de controle. A partir disso, ele passou a ser implantado em empresas independentemente de seu tamanho ou segmento.

O planejamento orçamentário tem por objetivo o conhecimento antecipado de resultados e serve de guia para ações a serem executadas pela empresa, definindo as responsabilidades pela gestão dos recursos e geração de resultados de determinado período futuro.

A partir da definição das projeções de seus resultados e de sua produção, a empresa consegue visualizar a melhor maneira de administrar seus recursos, evitando custos desnecessários e otimizando a tomada de decisões.

Sendo assim, o objetivo deste estudo é apresentar uma revisão teórica do orçamento de vendas e do orçamento de produção, sendo ambos utilizados como parâmetro na definição das estratégias organizacionais. Ele justifica-se por apresentar temas que proporcionam a estruturação de um planejamento estratégico sobre os dados quantitativos que espera-se gerar em um determinado período.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Stoner (1985) cita que, planejamento estratégico é o processo de seleção dos objetivos da uma organização, é a determinação das políticas e dos programas estratégicos necessários para se atingir objetivos específicos rumo à consecução das metas: é o estabelecimento dos métodos necessários para assegurar a execução das políticas e dos programas estratégicos.

De acordo com Oliveira (2010), planejamento estratégico relaciona-se com objetivos de longo prazo e com maneiras e estratégias para alcançá-los que afetam toda a empresa. Diante disso, a sua principal função é delimitar as metas da organização e torná-las presentes em todos os níveis da organização para que se mantenha a constante busca pelo objetivo geral.

Todo planejamento estratégico caracteriza-se, conforme apresentado por Stoner (1985), por ser o processo de planejamento formalizado e de longo alcance empregado para se definir e atingir os objetivos organizacionais pré-definidos. Diante de um adequado planejado pode-se elaborar estratégias que aumentam as possibilidades de sucesso das empresas que estão inseridas em um mundo de negócios que muda constantemente.

Catelli et al. (2009) relacionam em seu estudo que o planejamento estratégico é um importante instrumento gerencial para que as empresas persigam o cumprimento da missão organizacional.

As estratégias da empresa devem estar alinhadas com as metas e objetivos corporativos, as quais estão em linha com a missão. Além disso, o planejamento estratégico deve englobar os objetivos funcionais e divisionais da empresa, em um processo integrado e interativo. O planejamento estratégico será tanto ou mais eficaz quanto mais eficiente for a interpretação e o julgamento de todas as variáveis e entidades dos ambientes nos quais a empresa esta inserida.

Dentro da construção do planejamento estratégico inclui-se o orçamento como forma de coordenar e acompanhar as atividades da empresa. Padoveze (2010) relata que o orçamento pode e deve reunir diversos objetivos empresariais, na busca da expressão do plano e do controle de resultados. Além disso, o autor expõe que o ponto fundamental do orçamento é o processo de estabelecer e coordenar objetivos para todas as áreas da empresa, de forma que todos trabalhem sinergicamente em busca dos planos de lucros.

O orçamento é considerado a ferramenta de controle por excelência de todo o processo operacional da empresa, pois envolve todos os setores da companhia. Por isso, torna-se importante ressaltar que o ponto fundamental é estabelecer e coordenar objetivos para todas as áreas da empresa, de forma que todos trabalhem sinergicamente em busca dos planos de lucros.

Para Welsch (1983) o sucesso da estratégia organizacional depende do apoio da alta administração. Para a elaboração do orçamento devem ser considerados conceitos que fundamentam o processo de execução do plano. O orçamento não consiste em apenas controlar ou realizar previsões, ele relaciona uma análise exigente e rigorosa do passado e um cálculo cuidadoso das prováveis e desejadas operações futuras.

2.1 Cultura Orçamentária

De acordo com Chiavenato (1999), o sucesso ou fracasso das organizações dependerá do tipo de cultura que a corporação irá adotar em seu meio e também do conhecimento e integração das pessoas às diferentes culturas organizacionais.

Frezatti et al. (2011) explicaram em seu estudo que a cultura é fundamental para a introdução de novas práticas contábeis, das quais o orçamento faz parte, afetando a forma como as pessoas encaram e utilizam novos mecanismos de controle gerencial.

Ainda conforme estudo de Frezatti et al. (2011), os dados coletados no campo em relação à cultura de planejamento, permitiram constatar que a forma como os indivíduos concebem e compartilham os valores relacionados ao processo orçamentário dificulta a sua efetividade no processo de planejamento e controle da organização.

Para Heinzmann e Lavarda (2011) a perspectiva cultural abarca as variáveis internas da organização, seu sistema de autoridade, incluindo as estruturas de autoridade formal, sistemas de controle, estruturas de tarefas e regras da organização. Nesse sentido, a cultura das organizações se reflete na maneira como as pessoas executam as tarefas, definem os objetivos e administram os recursos necessários para atingir a missão da empresa.

O orçamento compreende um instrumento indispensável de planejamento e controle, pois estabelece um compromisso entre gestores e a estratégia deliberada pelas organizações. Portanto, quando o orçamento é relevante para gerar aprendizado à empresa e ao gestor, para gerar a compreensão do impacto das atividades da gerência sobre o

desempenho da empresa e, ainda, se é capaz de se adaptar às mudanças do ambiente, ele é percebido como mais útil pelas empresas.

2.2 Orçamento de Vendas

Hoji e Silva (2010) relatam que a finalidade do orçamento de vendas é a de determinar a quantidade e o valor total dos produtos a vender (sem impostos), a partir de projeções de quantidades de vendas elaboradas pelas unidades de vendas e/ou executivos e especialistas em marketing.

Independentemente do segmento empresarial ou área de atuação é a partir do orçamento de vendas que se torna possível definir o fator limitante no processo orçamentário. Passarelli e Bomfim (2004) explicam que o fator básico para as projeções de lucros das empresas situa-se na estimativa de suas vendas expressas em unidades.

Ainda de acordo com Passarelli e Bomfim (2004), em uma empresa comercial o orçamento de vendas definirá a natureza, a qualidade e a quantidade de mercadorias a serem adquiridas para futura comercialização; identicamente, numa empresa industrial, a natureza, a qualidade e a quantidade dos bens a serem produzidos serão também definidas a partir da estimativa de vendas.

Caso essa estimativa não esteja estruturada, nenhum departamento da empresa conseguirá programar as suas atividades para o período e tal situação afetará efetivamente a lucratividade da empresa.

Para a realização da previsão das vendas é necessário compreender a importância da realização de leituras sobre o mercado e a construção de cenários sobre o ambiente e a economia. Além disso, Padoveze e Taranto (2009) evidenciam a importância das informações disponibilizadas pelos sistemas de acompanhamento do negócio e o conjunto de conhecimentos sobre o comportamento dos seus produtos no mercado.

Entre as principais dificuldades encontradas na elaboração do orçamento de vendas estão as descritas por Passarelli e Bomfim (2004) que relatam desde a falta de informações estatísticas econômicas adequadas e planos de competição detalhados, até as flutuações do mercado, diversidade de produtos, reações dos consumidores e a sazonalidade.

Além disso, Passarelli e Bonfim (2004) evidenciam o método indireto e o método direto como os principais modelos aplicados na elaboração dos orçamentos de vendas, tendo como suas principais características:

- Método Indireto: neste modelo o orçamento do volume de vendas da empresa deriva de uma estimativa anterior referente à outra variável com a qual aquele volume apresenta correlação. A principal vantagem deste origina-se no fato de que, em geral, a sua base é em projeções prévias referentes a grandes números, a dados globais, dados da massa (indicadores sociais e macroeconômicos). Como principais desvantagens relacionam-se a aplicação de métodos estatísticos e meios eletrônicos e a geração de resultados excessivamente mecânicos dos quais foram excluídos importantes elementos não quantificáveis.
- Método Direto: possibilita a estimativa dos valores das vendas sem que a projeção prévia de outra variável seja necessária. Dentro deste método consideram-se o uso estatístico da tendência, projeção da equipe de vendas ou do departamento de vendas, a opinião executiva e o uso final do produto.

Já Padoveze e Taranto (2009), em relação aos métodos utilizados na previsão das vendas, detalham três deles: método estatístico, método de coleta de dados das fontes de origem das vendas e método do uso final do produto. Estes serão detalhados no decorrer dos próximos itens.

2.2.1 Método Estatístico

Padoveze e Taranto (2009) explicam que o método estatístico consiste em utilizar modelos de correlação e análise setorial com base em recursos computadorizados ou mesmo em análises de tendências. Este método torna-se útil quando as informações passadas conseguem prever as vendas para um prazo futuro determinado.

Dentre os critérios utilizados neste método, Padoveze e Taranto (2009) destacam: correlação com o crescimento do setor ou do PIB, análise de tendência (regressão linear, mínimos quadrados), pesquisa de mercado e correlação ou participação no tamanho do mercado.

Entretanto, para a utilização deste método, Passarelli e Bomfim (2004) ressaltam que por ser tratar de um estudo essencialmente estatístico, esse procedimento implica a aceitação de que a tendência histórica manter-se-á inalterada para o futuro.

A utilização desse método torna-se possível quando o passado permitir imaginar um comportamento futuro das vendas. É o método utilizado quando há muita dificuldade em saber o que vai vender.

2.1.2 Coleta de Dados das Fontes de Origem das Vendas

Para a construção dos dados utilizados neste método busca-se as informações compiladas pela controladoria dos centros de vendas, sejam esses franqueadas, representantes ou concessionárias. Mesmo que essa metodologia seja considerada interessante, Padoveze e Taranto (2009) informam que esta pode conduzir a resultados finais inconsistentes e até mesmo frágeis.

Entretanto, com o avanço dos sistemas computacionais e de informações incluídas nos sistemas, os autores evidenciam que é possível manter um banco de dados com informações que servirão de parâmetro para avaliar as estimativas de vendas recebidas das fontes de origem.

Passarelli e Bomfim (2004) relatam que a principal vantagem da utilização destas informações é o envolvimento direto e intenso do pessoal da empresa responsável pelo cumprimento dos objetivos de vendas. Já sua principal desvantagem, também relata pelos autores, é que o método consiste no excessivo otimismo ou na tentativa de autoproteção através da subestimativa intencional do potencial de vendas da empresa.

2.1.3 Uso Final do Produto

A utilização desse método, de acordo com Padoveze (2010), se dá quando, por meio do conhecimento do uso final do produto por seus clientes, a empresa pode orçar suas próprias vendas.

O autor explica que essa metodologia tende a ser cada vez mais utilizada pelos atuais conceitos praticados de cadeia de fornecimento e terceirização. Juntamente a esses conceitos delimita-se o conceito de parceria. Nesse sentido, quanto mais parceiras forem as empresas, mais elas podem e devem trocar as informações de expectativas de vendas e lançamento dos programas de produção.

O último fator que tem implicação neste método, segundo Padoveze (2010), é a maior utilização do comércio eletrônico, o qual tende a estreitar a relação entre os clientes e seus fornecedores.

Uma característica deste método, citado por Passarelli e Bomfim (2004), é o alto índice de exatidão, mas de limitada aplicação, sendo particularmente empregado por empresas fornecedoras de bens utilizados como matéria prima para outras empresas. Nesse caso, a projeção de vendas das empresas clientes seve de ponto de partida para o orçamento de vendas da empresa produtora.

2.3 Orçamento de Produção

Hoji e Silva (2010) definem que o orçamento de produção tem a finalidade de determinar a quantidade de produtos que devem ser produzidos em função das vendas planejadas, o custo de produção e o custo de produtos vendidos.

De acordo com Passarelli e Bomfim (2004) o plano de produção vincula-se estreitamente a três fatores básicos: ao orçamento de vendas, aos níveis de inventário de produtos acabados e à capacidade de produção da empresa.

Os autores ainda relatam que o orçamento de vendas é um fator determinante do orçamento de produção, pois a partir da determinação de quando e quanto de cada mercadoria deve estar disponível para venda há a definição, também, de uma forma bastante aproximada o quanto virá a ser produzido.

Em relação aos níveis de inventário de produtos acabados, Passarelli e Bomfim (2004) destacam que o estoque de produtos acabados disponíveis no início do período e a política de estoque adotada pela empresa influenciam, de forma decisiva, os níveis do orçamento de produção.

2.2.1 Política de Estocagem

A política de estocagem, conforme explicado por Padoveze (2010), é traduzida em dias de venda por tipo de produto. Pois, a empresa tem informações e experiência que permitem fixar qual deve ser o estoque mínimo a se manter para o atendimento às vendas.

Para muitas empresas, o estoque de produtos acabados é estratégico. Esse tipo de estratégia não colide com o conceito financeiro de menor investimento em capital de giro. Deve-se sempre buscar o mínimo investimento em capital de giro e, desse modo, também em estoques, sejam eles de produtos acabados, intermediários ou de materiais. Em outras palavras, se para algumas empresas é estratégico ter sempre estoque de produtos acabados, esse volume estratégico disponível deverá ser sempre o menor possível.

A empresa tem informações e experiência que permitem fixar qual deve ser o estoque mínimo a se manter para o atendimento às vendas. Além disso, deve ser incorporada a eventual mudança de política de estocagem, seja para maior ou para menor. Há a possibilidade de a empresa desejar um reabastecimento maior ou, o oposto, uma redução da quantidade estocada.

De acordo com Welsch (1983) os objetivos das políticas de estoques devem ser o planejamento do nível ótimo do investimento em estoques e por meio de controle, manter os níveis ideais planejados tanto quanto for possível. Os níveis de estoques devem ser mantidos entre dois extremos: um nível excessivamente alto pode causar custos elevados de armazenagem, riscos e investimentos e um nível insuficiente pode levar à impossibilidade de atender à pedidos de vendas e produção com rapidez (alto custo de faltas de estoques).

Um aspecto importante do planejamento e controle de estoques, exposto por Welsch (1983), consiste em amortecer as diferenças entre os volumes de vendas e de produção (ou compras). As políticas de estoques devem incluir o estabelecimento de padrões de estoques tais como limites ou giros máximos e mínimos e a aplicação de técnicas e métodos que assegurem a conformidade com os padrões escolhidos.

2.2.1 Capacidade de Produção

Com foco na capacidade de produção da empresa, Passarelli e Bomfim (2004) citam que o orçamento de produção deve considerar a máxima utilização da capacidade de produção e a máxima estabilidade da produção.

Os autores também evidenciam que a ociosidade de produção gera efeitos negativos sobre os lucros da empresa. Diante disso, torna-se oportuno relacionar a manutenção de uma adequada gestão dos processos produtivos com a diminuição dos gargalos em determinados setores e, consequentemente, a não geração de complicações na produção e posteriormente nas vendas.

Já, de acordo com Passarelli e Bomfim (2004), a estabilidade da produção relaciona-se com a prevenção de oscilações consideráveis na utilização da capacidade da empresa, que identificam-se na alternância entre períodos de alta e baixa produtividade. Tais fatores geram a instabilidade da mão de obra, os custos adicionais e as tensões sociais delas decorrentes.

Dentro desta metodologia, inclui-se a necessidade de conhecer e analisar as restrições presentes no processo produtivo da empresa. Isso ocorre avaliando as necessidades decorrentes dos programas de produção e vendas e analisando todos os recursos, dentro das cadeias existentes, para verificar aqueles que restringirão os orçamentos programados. Os recursos que restringirão a programação operacional deverão ter sua capacidade ajustada ao novo nível de atividade desejada, e para isso, investimentos e contratações deverão ser feitos e incorporados no programa orçamentário.

Welsch (1983) relata que a estabilização da produção é desejável por uma série de razões, e geralmente resulta em substanciais reduções de custos e no melhoramento das operações. As vantagens de uma produção estável podem ser apresentadas como: estabilidade de emprego, economia na compra de matéria prima e melhor utilização das instalações da fábrica.

3. METODOLOGIA

A metodologia refere-se às técnicas utilizadas, a fim de explicar os métodos que serão desenvolvidos no estudo. Quanto aos procedimentos, o presente estudo define-se por ser uma pesquisa bibliográfica, pois busca explicar um problema a partir de referências teóricas, este método constitui o procedimento básico para estudos, uma vez que é desenvolvido a partir de material já elaborado, principalmente artigos científicos e livros.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A definição de previsões dentro da estrutura de um orçamento permite que a empresa forneça informações aos diversos níveis da organização, as quais são utilizadas nas tomadas de decisões de cada área.

Uma das finalidades do orçamento é a possibilidade de indicar a existência de problemas e servir como ferramenta para encontrar as respectivas soluções. Ao estruturar, tanto o orçamento de vendas como o orçamento de produção, coloca-se a disposição dos gestores as informações necessárias para a melhor estruturação dos processos da empresa, pois este apresenta as necessidades e, ao conhecer-se estas também tornam-se presentes as possíveis restrições.

A cultura empregada nas organizações reflete como os membros do grupo empresarial executam e administram as suas tarefas na busca constante para atingir os objetivos da organização. É a cultura que afetará como as pessoas tomam decisões, pensam e agem em relação às oportunidades e ameaças relacionadas à empresa.

Em relação à cultura envolvida no desenvolvimento e implementação do orçamento é plausível a manutenção do comportamento de cooperação entre as áreas, pois a partir deste é possível compartilhar informações com mais eficiência o que desenvolve a capacidade de tomada de decisões e, consequentemente, o desempenho geral da organização.

Se o planejamento orçamentário indicar que o potencial de produção não acompanhará as metas de vendas, ou vice versa, pode-se desenvolver um plano para aumentar a capacidade produtiva ou reduzir as metas de vendas, assim, o orçamento contribui para que a empresa desenvolva a habilidade de antecipar problemas potenciais.

A partir disso, torna-se possível ressaltar que ao estruturar o orçamento de vendas e de produção de modo que estes traduzam a real expectativa da empresa coloca-se a disposição dos administradores a possibilidade de pensar à frente e de coordenar os esforços para alcançar os objetivos da organização.

5. REFERÊNCIAS

Catelli, A., Pereira, C. A., Vasconcellos, M. T. C., 2009. Processo de gestão e sistemas de informações gerenciais. In: A. Catelli (Coord.). Controladoria: uma abordagem da gestão econômica – GECON. (pp. 135-154). São Paulo: Atlas

Chiavenato, I., 1999. Gestão de Pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações. Rio de Janeiro: Editora Campus.

Frezatti, F., Nascimento, A. Nascimento, A. R., Junqueira, E., Relvas, T. R. S., 2011. Processo Orçamentário: uma aplicação da análise substantiva com utilização da Grounded Theory. Revista O&S, vol. 18, n. 58, pp. 445-466.

Heinzmann, L. M., Lavarda, C. E. F., 2011. Cultura Organizacional e o Processo de Planejamento e Controle Orçamentário. Revista de Contabilidade e Organizações, vol. 5, n. 13, pp. 4-19.
Hoji, M., Silva, H. A., 2010. Planejamento e Controle Financeiro: fundamentos e casos práticos de orçamento empresarial. 1° ed., São Paulo: Atlas.
Oliveira, D. P. R., 2010. Planejamento Estratégico: conceitos, metodologia e prática. 27° ed., São Paulo: Atlas.
Padoveze, C. L., 2010. Planejamento Orçamentário. 2° ed., São Paulo: Cengage Leaening.
Padoveze, C. L., Taranto, F. C., 2009. Orçamento Empresarial: novos conceitos e técnicas. 1° ed., São Paulo: Pearson Education do Brasil.
Passarelli, J., Bomfim, E. A., 2004. Orçamento Empresarial: como elaborar e analisar. 1° ed., São Paulo: IOB Thomson.
Stoner, J. A. F., 1985. Administração. 2° ed., Rio de Janeiro: Prentice Hall.
Welsch, G. A., 1983. Orçamento Empresarial. 4° ed., São Paulo: Atlas.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PLANEJAMENTO TRIBUTÁRIO: ESTUDO APLICADO ÀS ATIVIDADES INTELECTUAIS

Géssica Stodulski
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. Sete de Setembro, 1621 – Bairro Fátima, Erechim, RS.
stodulski18@outlook.com.br

Angélica Ferrari
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. Sete de Setembro, 1621 – Bairro Fátima, Erechim, RS.
ange.l.ferrari@hotmail.com

Aldecir José Theodoro
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. Sete de Setembro, 1621 – Bairro Fátima, Erechim, RS.
aldecir@uri.com.br

Idionir Scalabrin
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. Sete de Setembro, 1621 – Bairro Fátima, Erechim, RS.
scalabrin@uri.com.br

Edson Luis Kammler
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. Sete de Setembro, 1621 – Bairro Fátima, Erechim, RS.
edsonkammler@uri.com.br

Valmor Vancin
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. Sete de Setembro, 1621 – Bairro Fátima, Erechim, RS.
vancin@uri.com.br

Resumo. *A busca pela economia tributária é constante no meio empresarial e, diate da complexidade e o volume de informações relativas às diversas formas de tributação, o presente o estudo busca estabelecer um comparativo entre os regimes de tributação, Simples Nacional e Lucro Presumido, aplicado aos profissionais que desenvolvem atividades intelectuais. Constitui-se em ponto de partida, o fato que o planejamento tributário é uma forma lícita de reduzir a carga fiscal, constituindo-se em estudo prévio à concretização dos fatos e dos efeitos jurídicos, fiscais e econômicos, com o propósito de encontrar uma alternativa legal e, menos onerosa para o contribuinte. Para tanto, são apresentados conceitos tributários, bem como a atuação do Contador no planejamento tributário e geração de informações. Quanto aos critérios metodológicos, trata-se de uma pesquisa descritiva e bibliográfica, cumulado com estudo de caso. Os dados foram coletetados de forma bibliográfica considerando-se uma receita anual hipotética de até R$ 120.000,00, os quais foram comparados qualitativamente. As principais conclusões dão conta que: o regime tributário Simples Nacional é o que melhor se enquadra para as atividades intelectuais, possibilitando uma economia tributária mensal média de R$ 891,20, considerando-se a receita anual já descrita. Este estudo também retrata a importância de um planejamento tributário, que deve ser adotado como ferramenta administrativa e de auxilio às tomadas de decisões, produzindo como decorrência a redução de custos em outras áreas da empresa.*

Palavras – chave*: Regime de Tributação, Simples Nacional, Lucro Presumido, Atividades Intelectuais.*

1. INTRODUÇÃO

Entende-se por planejamento tributário, uma forma lícita de reduzir a carga fiscal, o que exige conhecimento técnico e bom senso dos responsáveis pelas decisões estratégicas no ambiente corporativo. Trata-se do estudo prévio à concretização dos fatos administrativos, dos efeitos jurídicos, fiscais e econômicos de determinada decisão gerencial, com o objetivo de encontrar alternativa legal e menos onerosa para o contribuinte.

Segundo Assef (1997), a estrutura tributária vigente no Brasil é extremamente complexa, e é bastante comum a dúvida sobre quais os impostos que incidem nos preços, pois impostos confundem-se facilmente com encargos sociais. A grande diferença reside na base de cálculo sobre a qual incidem um e outro: enquanto os tributos incidem sobre

faturamento, os encargos sociais incidem sobre a folha de pagamento. Na formação de preços, somente os tributos são considerados e tratados como despesas variáveis, enquanto que os encargos sociais são tratados como despesas fixas.

A complexa carga tributária brasileira contempla quase 100 diferentes taxas, impostos e contribuições, o que a caracteriza como sendo uma das maiores da América Latina e que, muitas e vezes, inviabilizam empreendimentos. Com a evolução do ambiente econômico e social, destaca-se a importância do profissional contábil em solucionar problemas, interpretar relatórios gerenciais e desenvolver a atuação de estrategista, pois é um grande auxiliador na tomada de decisões dentro das organizações, cujo profissional deve estar preparado para essas mudanças. (FARIA e NOGUEIRA, 2007).

Nos cenários econômicos, faz-se necessária uma cuidadosa análise do enquadramento tributário das empresas, buscando identificar qual o melhor posicionamento tributário que possibilitará economia de tributos, bem como o sucesso e a continuidade da empresa. Desta forma, o objetivo do estudo é: **comparar os enquadramentos tributários Simples Nacional e Lucro Presumido, como forma de determinar qual enquadramento tributário poderá gerar economia para as atividades intelectuais.**

Justifica-se o estudo, visto que os tributos produzem impacto na formação dos preços de venda dos serviços, o que possibilitará em tomadas de decisões que venham tornar essas atividades rentáveis e competitivas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Qualquer que seja a forma de tributação escolhida pela empresa, pode-se verificar que a falta de planejamento estratégico tributário, pode deixar a empresa mal preparada para investimentos futuros, devido a uma possível insuficiência de caixa, gerando com isso um desgaste desnecessário de recursos direcionados para cobertura de gastos que não estariam previstos.

Para execução das tarefas inerentes ao planejamento tributário, o contador precisa aplicar os conhecimentos sobre a legislação do tributo envolvido, de forma que, a partir desses cenários, possa planejar com antecedência a melhor alternativa para a empresa executar suas operações comerciais. A finalidade principal do planejamento tributário é, sem dúvida, a economia de impostos, sem que isso implique em infringir a legislação.

Segundo Fabretti (2009), contabilidade tributária é o ramo da contabilidade que tem por objetivo aplicar na prática conceitos, princípios e normas básicas da contabilidade e da legislação tributária, de forma simultânea e adequada, podendo ser entendida como a sistematização de um sistema baseado na legislação de cada país, sendo que as diretrizes variam de acordo com o conjunto de informações relacionadas às obrigações fiscais de cada empresa.

Portanto, a Contabilidade Tributária é de suma importância para qualquer empresa e de qualquer segmento, pois objetiva, também, a viabilização do negócio, visto que uma má escolha na forma de tributação pode impactar e afetar significativamente nos resultados, até mesmo inviabilizando o negócio.

2.1. Controladoria

A informação é concebida como matéria-prima para gerar o conhecimento. A literatura sobre gestão do conhecimento coloca o conhecimento tácito e as informações de caráter informal como vitais para a sobrevivência em mercados cada vez mais competitivos (COSTA, 2003).

Para Mosimann, Fisch e Catelli (1999), controladoria é um órgão administrativo que garante informações adequadas para colaborar com os gestores nos processos decisórios, a fim de que todas as áreas envolvidas sejam eficazes em suas tarefas quanto aos aspectos econômico e financeiro, assegurando a eficácia empresarial. A controladoria é a área que coordena as informações sobre a gestão econômica, porém ela não poderá substituir a responsabilidade dos gestores por seus resultados obtidos, no entanto buscará otimizar os resultados econômicos.

Para Borinelli e Souza (2009) e Borinelli (2006), a Controladoria é um conjunto de conhecimentos que se constituem em bases teóricas e conceituais de ordem operacional, econômica, financeira e patrimonial relativas ao processo de controle de gestão organizacional.

Assim, Controladoria é uma unidade administrativa organizacional, que auxilia os gestores nas tomadas de decisões. Dessa forma, com profissionais adequados, capacitados e atualizados legislativamente, a Controladoria auxilia nas tomadas de decisões das alternativas tributárias, buscando melhorar os resultados planejados.

2.2. Gestão tributária

Não há um modelo específico para realizar gestão tributária – cada empresa precisa montar seu departamento de acordo com as necessidades e especificidades. Empresas menores podem optar por contratar consultores especializados, com as competências necessárias para suprir suas demandas específicas, devido à complexidade e o volume de informações.

Segundo o Guia Tributário (2014), gestão tributária é o processo de gerenciamento dos aspectos tributários de uma determinada empresa, com a finalidade de adequação e planejamento, visando o controle das operações que tenham relação direta com tributos. Contudo, a gestão tributária não compete somente ao setor tributário, mas a todos os departamentos envolvidos na geração de impostos, pois também envolvem rotinas fiscais, uma vez que objetivo da gestão é a de corrigir possíveis erros de interpretação e execução no cumprimento das obrigações e rotinas fiscais na

empresa, evitar contingências fiscais (multas e sanções), bem como o pagamento indevido de tributos e programar formas lícitas de economia tributária.

2.3. Enquadramento Tributário

A escolha do regime tributário é um dos momentos mais importantes na gestão das empresas, pois uma opção mal planejada pode gerar a necessidade do pagamento de um conjunto de impostos inadequados, comprometendo sensivelmente a saúde financeira do negócio, ou até mesmo gerando futuros problemas fiscais.

Há três tipos de regimes de tributação que podem ser adotados pelas empresas: Simples Nacional, Lucro Presumido e Lucro Real. A opção deverá ocorrer a partir de estudos específicos de cada negócio, como análise de porte do empreendimento, área de atuação, estudo de mercado, planejamento dos rendimentos, entre outros.

2.4. Tributação pelo Lucro Presumido

A opção pela tributação com base no lucro presumido será manifestada com o pagamento da primeira ou cota única do imposto devido, correspondente ao primeiro período de apuração de cada ano e será definitivo para todo o ano-calendário (Lei nº 9.430/96, art. 26 e Lei nº 9.718/98, art. 13 § 1º)

A pessoa jurídica que houver iniciado atividade a partir do segundo trimestre manifestará a opção pelo lucro presumido com o pagamento da primeira ou quota única do imposto devido relativa ao período de apuração do início de atividade.

A pessoa jurídica cuja receita bruta total, no ano-calendário anterior, tenha sido igual ou inferior a R$ 78.000.000,00 (setenta e oito milhões de reais), ou fração mensal correspondente de R$ 6.500.000,00 (seis milhões e quinhentos mil de reais), multiplicado pelo número de meses de atividade no ano-calendário anterior, quando inferior a 12 (doze) meses, poderá optar pelo regime de tributação com base no lucro presumido.

A pessoa jurídica que iniciar suas atividades poderá optar pela tributação com base no lucro presumido, no próprio ano de sua constituição, independentemente de limite de receita bruta, desde que não esteja obrigada à tributação com base no lucro real.

Entretanto, no ano-calendário subseqüente ao de início de suas atividades, a opção pelo lucro presumido fica condicionada a que, no ano-calendário anterior, a receita bruta não tenha ultrapassado o limite proporcional ao número de meses em atividade.

O Lucro Presumido é um regime onde a base de cálculo é obtida pela aplicação de percentuais sobre a receita bruta. Estes percentuais são definidos por lei. Com isto pode-se destacar que ele exige menos documentação e é considerado mais simples que o Lucro Real. Por esta razão é mais utilizado pelas empresas, entretanto a desvantagem é que tem limitações sobre quem pode optar por este regime de tributação, porém também se destaca que, quando existir prejuízo ele se torna desvantajoso, haja visto que resulta na empresa pagar além daquilo que seria em uma situação hipotética de lucro.

2.5. Tributação pelo Simples Nacional

Criado pela Lei Complementar 123 de 14 de dezembro de 2006, o Simples Nacional, também conhecido como Super Simples, entrou em vigor em 1º de julho de 2007, onde através de Regime Especial, objetiva a diminuição da carga tributária das microempresas e empresas de pequeno porte, auxiliando dessa forma, na manutenção e garantia de competitividade no mercado.

O sistema caracteriza-se pela unificação de impostos federais, estaduais e municipais (Imposto de Renda, Imposto sobre Produtos Industrializados-IPI; Contribuição sobre o Lucro Líquido-CSLL; Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social-COFINS; Programa de Integração Social-PIS/PASEP; Contribuição Patronal para a Previdência Social-INSS; Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços-ICMS e Imposto sobre Serviços-ISS). Estes impostos foram substituídos pela aplicação de alíquota global que varia conforme as faixas de faturamento da empresa.

Consideram-se microempresas ou empresas de pequeno porte, a sociedade empresária, a sociedade simples e o empresário a que se refere o art. 966 da Lei 10.406, de 10 de janeiro de 2002 (Código Civil Brasileiro), devidamente registrados no cadastro de empresas mercantis ou no Registro Civil de Pessoas Jurídicas, conforme o caso, desde que dentro dos limites de receita bruta previstos na legislação.

Um dos principais benefícios do simples é que ele torna mais fácil a tributação de micro e pequenas empresas, uma vez que o recolhimento dos impostos federais, estaduais e municipais são unificados em uma única guia a DAS (Documento de Arrecadação do Simples Nacional).

2.6. Escrituração contábil

Além de ser uma obrigação legal, a de manter escrituração contábil regular, apresenta uma série de benefícios, pois a entidade passa a ter maior controle sobre seus direitos e obrigações, possibilitando conhecimento acerca da real situação financeira e econômica da empresa, permitindo assim as tomadas de decisões pelo gestor ou gestores.

O nível de detalhamento da escrituração contábil deve estar alinhado às necessidades de informação de seus usuários. Nesse sentido, esta norma não estabelece o nível de detalhe ou mesmo sugere um plano de contas a ser observado. O detalhamento dos registros contábeis é diretamente proporcional à complexidade das operações da

entidade e dos requisitos de informação a ela aplicáveis e, exceto nos casos em que uma autoridade reguladora assim o requeira, não devem necessariamente observar um padrão pré-definido. (NBC-T2)

A escrituração contábil regular possibilita, ainda, a redução de carga tributária, por dar ferramentas para um melhor planejamento tributário, além de ser um facilitador na concessão de linhas de crédito.

2.7. Tributação simplificada aplicada às atividades intelectuais

As alterações na legislação tributária vieram proporcionar a possibilidade da inclusão no Simples Nacional das atividades intelectuais, principalmente as de profissão regulamentada, assim entendidas as atividades exercidas por profissionais liberais, previstas em legislações próprias e fiscalizadas por entidades de classe, onde estes profissionais devem possuir registro, e que, além disso, definem os procedimentos técnicos e éticos da profissão.

Assim, a partir da LC 147/14, várias atividades intelectuais passaram a fazer parte do rol passível de inclusão no Simples, tais como**: advocacia, medicina, medicina veterinária, odontologia, psicologia, fonoaudiologia, despachantes, arquitetura, engenharia, agronomia, representação comercial, auditoria, consultoria, design, jornalismo e publicidade.**

Nos termos do artigo 18-A da Lei Complementar 123/06, também poderá optar pelo Simples Nacional o Microempreendedor Individual – MEI, ou seja, o empresário que tenha auferido receita bruta, no ano-calendário anterior, de até 60 mil reais e que não esteja impedido de optar pelo Simples.

É considerada atividade intelectual aquela que caracteriza algo ou alguém que desempenhe atividade de natureza mental, com o intelecto e inteligência, produzindo pensamentos e soluções.

Esses profissionais são classificados como profissionais liberais, por possuírem qualificações e certificações, onde podem desenvolver suas atividades dentro de seu próprio negócio ou em outro negócio.

Enquadram–se nessa classificação as atividades intelectuais como medicina, engenharia, odontologia, arquitetura, despachantes, agronomia, design, consultoria, publicidade, jornalismo, fonoaudiologia, psicologia, auditoria entre várias outras, regulamentadas ou não.

2.8. Delineamento do estudo

Em relação aos procedimentos metodológicos, o presente estudo está delineado, segundo Beuren *et al* (2006) como uma pesquisa descritiva, pois busca comparar os enquadramentos tributários das atividades intelectuais.

Quanto aos procedimentos, trata-se de um estudo de caso, uma vez que busca aplicar o enquadramento tributário na atividade de odontologia, comparando o pagamento de tributos pelos enquadramentos do Simples Nacional e Lucro Presumido.

O estudo, também, tem cunho bibliográfico, pois buscou fundamentar-se em estudos anteriores, bem como na bibliografia e legislação pertinente, disponíveis em periódicos e plataformas digitais.

2.9. Análise dos dados

Essa estapa do estudo é dedicada à apresentação dos dados, bem como aos cálculos realizados, tanto para o enquadramento no Lucro Presumido quanto no Simples Nacional, de uma empresa hipotética na área da odontologia. A análise dos dados foi realizada por meio da elaboração de cálculos simulados, a partir de uma receita mensal de R$ 11.000,00, decorrente da prestação de serviços. A folha de pagamento possui a seguinte composição: o profissional com um pró-labore mensal de R$ 2.000,00, um funcionário com remuneração mensal de R$ 1.500,00 e um segundo funcionário com remuneração mensal de R$ 1.400,00.

Considerando-se ser a empresa enquadrada no Simples Nacional, sua receita anual hipotética de até R$ 180.000,00, estará sujeita a uma aliquota de 16,93%. O imposto a ser pago está demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 Demonstrativo do simples nacional.

Composição do imposto	Valores
Receita Anual	R$ 132.000,00
Receita Média Mensal	R$ 11.000,00
Aliquota	16,93%
Simples a pagar no mês	**R$ 1.862,30**

Nessa modalidade de tributação pode-se observar que o tributo é recolhido em um único documento de arrecadação, no valor de R$ 1.862,30. O valor do tributo é determinado mediante a aplicação do percentual de 16,93% sobre a receita do mês no valor de R$ 11.000,00

O lucro presumido tem como fato gerador do tributo a efetivação da venda de mercadoria e/ou serviços, semelhante ao simples nacional, independente se ao final do período a empresa obteve lucro ou prejuízo.

As pessoas jurídicas optantes pela tributação com base no lucro presumido deverão recolher também as contribuições ao PIS e à COFINS na forma cumulativa. Assim, ficam suas alíquotas das contribuições cumulativas de 3% para a COFINS e 0,65% para o PIS. Já para a apuração do Imposto de Renda da Pessoa Jurídica-IRPJ e a

Contribuição Social sobre o Lucro Líquido–CSLL, deverão ser calculados tendo por base um resultado estimado, o qual é determinado por meio da aplicação de percentuais definidos em lei, desde que a empresa não esteja obrigada no ano calendário a se declarar pelo Lucro Real.

Na Tabela 2, estão elencados os impostos a serem pagos de acordo com a apuração do Lucro Presumido, e suas respectivas alíquotas.

Tabela 2 Tributos quando da opção pelo lucro presumido

Tributo	Alíqota
PIS/PASEP	0,65%
COFINS	3,00%
IRPJ	15,00%
CSLL	9,00%
INSS	20,00%
INSS Terceiros	5,80%
RAT – Acidente de Trabalho	1,00%
ISSQN	3,00%

A empresa hipotética, objeto do estudo, tem como ramo de atividade a prestação de serviços na área de odontologia. O percentual aplicado para a apuração da base de cálculo do IRPJ é de 32% e da CSLL é de 32%. Para ser possível apurar o valor dos impostos a pagar, são aplicadas as alíquotas de 9% para CSLL e de 15% para o IRPJ. Não está sendo considerado o percentual adicional de 10%, por não ultrapassar o limite de R$ 60.000,00 por trimestre. Nessa modalidade de tributação o PIS e a COFINS são cumulativos e são aplicados os percentuais apresentados na Tabela 2, sobre a receita bruta de vendas.

Tabela 3 Tributos quando da opção pelo lucro presumido

Tributo	Receita / Remuneração	Base de Cálculo - IRPJ/CSSL	Alíqota	Valor do Tributo
PIS/PASEP	11.000,00		0,65%	71,50
COFINS	11.000,00		3,00%	330,00
IRPJ	11.000,00	3.520,00	15,00%	528,00
CSLL	11.000,00	3.520,00	9,00%	316,80
ISSQN	11.000,00		3,00%	330,00
Total Tributo sobre receita				**1.576,30**
INSS Folha empregados	2.900,00		20,00%	580,00
INSS Terceiros	2.900,00		5,80%	168,20
RAT – Acidente de Trabalho	2.900,00		1,00%	29,00
INSS - pró labore	2.000,00		20,00%	400,00
Total dos Tributos sobre a folha de pagamento				**1.177,20**
Total dos tributos pela tributação presumida				**2.753,50**

Tendo em conta os resultados encontrados, surge a possibilidade de fazer uso de um planejamento tributário para viabilizar maior eficiência financeira, a partir do que se pode observar o melhor momento para mudanças necessárias na forma de tributação, como forma de garantir um crescimento seguro e contínuo. Nesta etapa apresentou-se o valor total a ser pago de tributos por ocasião da opção pelo lucro presumido, onde a soma entre impostos federais e municipais, resultou no valor de R$ 2.753,50.

2.10. Comparativo dos enquadramentos tributário

Após a elaboração e demonstração dos cálculos com base nos referidos enquadramentos, é possível verificar o desembolso tributário, que está demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 Desembolso tributário

Equadramento Tributário	Valor Total
Lucro Presumido	2.753,50
Simples Nacional	1.862,30
Diferença tributária	**891,20**

Tendo por base o comparativa dos resultados obtidos, verificou-se que a apuração dos tributos pelo enquadramento tributário Simples Nacional, resultará em uma economia tributária mensal de R$ 891,20 em relação ao Lucro Presumido, o que vem corresponder a 8,10% em relação à receita bruta da empresa hipotética, objeto do estudo.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou um comparivo dos regimes de tributação, classificando-os e os exemplificando, dando destaque aos regimes tributários e os seus enquadramentos, definindo as atividades que se enquadram a cada um, seus pontos negativos e positivos, além de elencar as primeiras práticas que devem ser adotadas ao se realizar o planejamento tributário. Diante disto, o planejamento tributário é adotado como um conjunto de atividades legais que visam à economia tributária da empresa.

O regime tributário adotado é o que define a carga tributária a ser paga, sendo importante a correta adoção do regime, enquadrando a atividade de acordo com as receitas.

A maior dificuldade de quem empreende ao constituir uma micro ou pequena empresa, não é somente a carga tributária, mas também o desconhecimento acerca das obrigações tributárias que envolvem a mesma. Na maioria das vezes, o empresário não tem o conhecimento da responsabilidade fiscal, e quando se depara com ela, muitas vezes perde o controle da situação.

O planejamento tributário não distingue pequenas ou grandes empresas, ou mesmo de atividades intelectuais, ele serve para toda organização que deseja economizar, sendo imprescindível na atualidade. Nesse sentido foi a contribuição do presente estudo.

4. REFERÊNCIAS

ASSEF, Roberto (1997). *Guia prático de formação de preços*, São Paulo, Campus, 1997**.**

Beuren, I. M., *(org)*. *Como elaborar trabalhos monográficos em Contabilidade.* (3. ed.) São Paulo: Ed Atlas, 2006.

BORINELLI, Márcio Luiz. 2006, *Estrutura Conceitual Básica de Controladoria: Sistematização a Luz da Teoria e da Práxis.* Tese (FEA/USP). São Paulo.

CATELLI, A. 1999, *Controladoria: uma abordagem da gestão econômica*. São Paulo, Atlas.

COSTA, Marília Maria Roslindo Damiani. 2003 *Procedimentos para aplicação de mapas semânticos como estratégia para criação do conhecimento organizacional*. 2003. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina.

FABRETTI, Láudio Camargo. 2009, *Contabilidade Tributária*. 11. ed. São Paulo: Editora Atlas.

MOSIMANN, Clara P.; FISCH, Silvio. 1999, *Controladoria: seu papel na administração de empresas*. São Paulo, Atlas.

Lei Complementar Nº 123. Disponível em <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/lc123_2006.htm > Acessado em 29/05/2017.

Lei Complementar Nº 147. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp147.htm > Acessado em: 24/05/2017.

5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CONTABILIDADE GERENCIAL PARA PEQUENAS EMPRESAS

JULIANA ROSSI GEMNICZAK
Universidade Regional Integrada das Missões e do Alto Uruguai, Av. Sete de Setembro, 1621 - Bairro Fátima, Erechim/RS.julianirossi@yahoo.com.br

PAULO ROBERTO GIOLLO
Universidade Regional Integrada das Missões e do Alto Uruguai, Av. Sete de Setembro, 1621 - Bairro Fátima, Erechim/RS.pgiollo@uri.com.br

LENISON MAROSO
Universidade Regional Integrada das Missões e do Alto Uruguai, Av. Sete de Setembro, 1621 - Bairro Fátima, Erechim/RS.lmaroso@uri.com.br

RESUMO *O estudo propõe-se a analisar e discorrer sobre o uso da Contabilidade Gerencial para Micro e Pequenas Empresas, a qual, quando adequadamente utilizada,atua como auxiliar em decisões importantes e estratégicas à empresa, já que permite controlar custos e acompanhar execuções. A Contabilidade Gerencial constitui-se em ferramenta de gestão, atuando como produtora de informações, de forma que os administradores possam atuar baseados em elementos confiáveis e seguros. Tendo como ponto de partida as informações necessárias para a gestão, o pequeno empresário tenderá a ser mais competitivo de forma a conseguir manter sua empresa no mercado, sentindo-se apoiado, tendo em vista as constantes oscilações da economia e projetando estabilidade e estratégia para seus negócios. O objetivo do presente estudo é o de proporcionar informações que, à luz do uso da contabilidade gerencial para Pequenas Empresas, venha evidenciar a importância e a necessidade quanto ao uso da mesma. A metodologia adotada caracteriza-se por se constituir em pesquisa descritiva e bibliográfica, da busca de elementos de informações em livros específicos de Contabilidade. Visualiza-se que o presente estudo poderá vir a se constituir em ponto de partida, por permitir identificar a importância e necessidade quanto à aplicabilidade e uso de métodos gerenciais para controle, e medidas administradas por gestores que, utilizando-se de técnicas e informações, com conhecimento e segurança, poderão atuar à frente de suas empresas quanto às tomadas de decisões, projetando ações futuras, controle, planejamento e eficiência no processo. Observa-se que a riqueza de uma entidade está na atuação do seu gestor e na forma de conduzir seu empreendimento, utilizando-se para tanto da Contabilidade Gerencial como ferramenta de apoio à gestão, obtendo a partir desse quadro, resultados positivos, influenciando mercados, crescendo como entidade e planejando cenários futuros.*

Palavras-chave: *Contabilidade Gerencial, Contabilidade, Métodos Gerenciais, Gestor.*

1. INTRODUÇÃO

Com as grandes mudanças que o cenário global vem impondo, cada vez mais gestores e/ou empresários precisam estar munidos de ferramentas que possam auxiliar no processo de tomadas de decisão.

No Brasil, grandes partes das empresas legalmente constituídas se caracterizam por serem empresas de pequeno porte onde, parte dessas encerram suas atividades em seus primeiros anos de operação, tendo como principal motivo a ausência de uma gestão eficaz à frente do negócio,o que, acredita-se poderia ser evitado, caso o gestor aplicasse com critério e eficiência, as técnicas atuais de gestão, o que lhe permitiria interpretar e implementar indicadores acerca da saúde econômica e financeira dos negócios.

A Contabilidade Gerencial é tida como de fundamental importância, pois exerce a função de produzir informações precisas para a vida diária de uma empresa, onde, através de seus resultados e análises pode-se inferir em situações cujas decisões seriam dúbias e sem as informações necessárias.

A Contabilidade mostra-se, em seu campo de atuação, que sua utilidade vai além de apuração dos impostos e fechamento de balanços. É uma ciência social aplicada, onde a ação humana é que produz seus resultados, sendo o suporte para que gestores possam interpretar conhecer e conduzir seus negócios.

A Contabilidade Gerencial tem por função servir de auxilio, para que empresários estabeleçam objetivos e metas, qualificando-a como uma ferramenta de apoio insubstituível e indispensável para atuar no auxílio às decisões.

Para uma empresa manter-se atuante e forte perante as crises do mercado, necessitará ter um controle confiável e eficiente de seus indicares, papel este que cabe ao contador gerencial desempenhar, sendo ele o elemento de apoio, auxiliando de forma a atuar frente às variações na economia, quer seja a nível micro ou macroeconômicas.

Sabe-se, que no cenário atual muitas empresas não se mantêm no mercado, o que muitas vezes decorre do fato de gestores nem sempre darem a devida importância para a Contabilidade Gerencial. Estudos revelam que, na maioria das pequenas empresas, o lucro constitui na maior das preocupações, seguido das exigências ficais, esquecendo-se os gestores e/ou empresários muitas vezes de implementar o uso de ferramentas de gestão, tais como o planejamento estratégico,orçamento empresarial, e o controle dos custos para que possa, a partir daí atuar na redução dos mesmos, sabendo onde os custos se localizam e atuam, o que lhe permitirá saber qual o retorno do seu investimento,e qual o produto está lhe dando o melhor retorno.

A Contabilidade Gerencial tem por concepção, controle, planejamento, e interpretação de dados.

Neste estudo, o objetivo é descrever a Contabilidade Gerencial e suas formas de aplicação, além de discorrer sobre como a mesma se constitui em suporte para tomadas de decisões com segurança e conhecimento dentro do dia a dia de uma empresa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Crepaldi (2017) define que "Um sistema de informação é um conjunto de subsistemas inter-relacionados que funcionam conjuntamente para coletar, processar, armazenar, transformar e distribuir informações para fins de planejamento, tomada de decisão e controle".

Crepaldi (2017) salienta que "As empresas de pequeno porte normalmente são administradas pelos próprios sócios, que têm formação técnica ligada ao seu negócio, mas sem a formação administrativa de gestão, como administração, finanças, economia, marketing etc. Isso tem levado a um grande número de falências, recuperações judiciais e encerramento das pequenas empresas nos seus primeiros anos de vida".

Sabendo-se que a utilização desta ferramenta (contabilidade gerencial) não é de conhecimento de todos os gestores, não havendo em muitos casos, sua importância devidamente reconhecida, quer seja por falta de conhecimento ou até mesmo por negligência gerencial.

2.1 Definições De Pequena Empresa

Silva (2013) define que para ser considerada empresa de pequeno porte, a empresa, pessoa jurídica ou a ela equiparada, terá que obter no ano calendário, receita bruta superior a R$360.000,00 (trezentos e sessenta mil reais) e igual ou inferior a R$3.600.000,00 (três milhões e seiscentos mil reais).

Segundo o SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas), empresas de Pequeno Porte se deparam com o atual desafio de criar, utilizar, compartilhar informações e conhecimento baseados em tecnologia de informação e conhecimento.

Também o SEBRAE expõe que, o pequeno negócio é considerado uma entidade especifica com problemas administrativos substancialmente distintos das grandes empresas, com destaque para a estrutura administrativa, centralizando estratégias intuitivas de curto prazo. Nessas empresas os indicadores do dia-a-dia prevalecem sobre os de longo prazo, logo essas organizações tendem a olhar para os impactos na hora de tomar uma decisão.

Dentro do universo empresarial no Brasil, a maioria desses estabelecimentos diz respeito à micro e pequenas empresas, às quais cabe movimentar aproximadamente metade da economia do país, constituindo-se em uma parcela significativa no tocante à geração de emprego e riquezas, contribuindo de forma significativa na participação do PIB (Produto Interno Bruto) do país. Atualmente elas chegam a ser o maior gerador de emprego por ano, entretanto, apresentam alto número de mortalidade precoce, por não possuírem sistemas de gestão eficientes e/ou eficaz.

2.2 Definições De Contabilidade

Contabilidade é a Ciência que tem por objetivo o estudo das variações quantitativas e qualitativas ocorridas no patrimônio das entidades. Através dela é fornecido o máximo de informações úteis para as tomadas de decisões, tanto dentro quanto fora da empresa, estudando, registrando e controlando o patrimônio.

De acordo com Lopes e Martins (2012) "A contabilidade é uma ciência social, na medida em que fornece insumos para o comportamento humano frente a organizações dinâmicas inseridas na sociedade. A contabilidade retrata obras humanas às entidades, para que outras pessoas possam tomar decisões adequadas relacionadas a elas".

Para Crepaldi (2011) "O papel da Contabilidade torna-se ainda mais importante nas complexas economias modernas, uma vez que os recursos são escassos, para o que deve-se de escolher entre as melhores

alternativas, e para identificá-las são necessários os dados contábeis."

Hoog (2013) explica que a contabilidade tem por " Sua função ser a mais precisa das ferramentas para a gestão econômica, financeira, administrativa, social e ambiental, ou seja, tem como função a informação pela descrição dos atos e fatos das riquezas das células sociais, no sentido de atender às necessidades de informações materiais e intelectuais dos utentes**".**

2.3 Definições De Contabilidade Gerencial

Crepaldi (2002) expõe que "A contabilidade gerencial é o ramo da Contabilidade que tem por objetivo fornecer instrumentos aos administradores de empresas que auxiliem em suas funções gerenciais. É voltada para a melhor utilização dos recursos econômicos da empresa, através de um adequado controle dos insumos efetuados por um sistema de informação gerencial".

Conforme Iudícibus (2009) "A Contabilidade Gerencial pode ser caracterizada, superficialmente, como um enfoque especial conferido às várias técnicas e procedimentos contábeis já conhecidos e tratados na Contabilidade de Custos e Financeira e na analise de Balanços. Colocados numa perspectiva [...] e classificação diferenciada, de maneira a auxiliar os gerentes das entidades em seu processo decisório".

No entanto, Parisi e Megliorini (2011) dizem que "A contabilidade gerencial tem uma importante contribuição para o processo decisório, uma vez que as decisões, na maioria das vezes, contemplam julgamentos e recomendações por ela oferecidos, onde o contador gerencial deve esforçar-se para assegurar que a administração tome as melhores decisões estratégicas para o longo prazo. O desafio é propiciar informações úteis e relevantes que facilitarão encontrar respostas certas para as questões fundamentais.

2.3 Contabilidade Gerencial Para Empresas De Pequeno Porte

De acordo com Silva (2002) "uma empresa sem Contabilidade é uma entidade sem memória, sem identidade e sem as mínimas condições de sobreviver ou de planejar seu crescimento."

Padoveze (2004) salienta que "A contabilidade gerencial deverá atender a todos os segmentos hierárquicos da empresa, e isso se reflete na forma de utilização da informação contábil.

Conforme Crepaldi (2002) Uma empresa existe, entre outros objetivos, para aumentar a riqueza de seus proprietários.

2.4 Métodos Em Contabilidade Gerencial

Dentre as utilizações da Contabilidade, para fins gerenciais, destacam-se:

a) Balanço Patrimonial: Conforme Silva (2008) "O Balanço Patrimonial tem por finalidade apresentar a posição financeira e patrimonial da empresa em determinada data, representando, portanto uma posição estática."
b) Demonstração do Resultado do Exercício - DRE: Para Silva (2008) "Este demonstrativo, difere do balanço, pois relata a história da atividade durante um exercício social ou durante períodos mais curtos, que podem ser um mês, um trimestre ou um ano."
c) Projeção do Fluxo de Caixa: Assaf Neto e Silva (2002) asseguram que: "O fluxo de caixa descreve as diversas movimentações financeiras da empresa em determinado período de tempo, e sua administração tem por objetivo preservar uma liquidez imediata essencial "à manutenção das atividades da empresa."
d) Planejamento e sua importância: Uma empresa com um planejamento definido está sempre no controle de suas decisões. Conforme Lunkes (2011) "O planejamento estratégico é o processo que realmente mobiliza as pessoas e a empresa para construir e escolher que tipo de futuro almeja".
e) Orçamento Aplicado para pequenas empresas: O orçamento é a etapa do processo do planejamento estratégico em que se estima e determina a melhor relação entre resultados e despesas para atender às necessidades, características e objetivos da empresa no período, conforme salienta Lunkes (2002)
f) Controle de Estoques: Planejar o estoque é a principal estratégia de uma empresa que deseja alcançar uma estocagem eficiente. Assaf Neto e Silva (2002) "Pelo fato de a decisão de estoques também ser uma decisão de investimento, faz-se necessário analisar a rentabilidade de tal decisão, comparando-se os custos da aplicação em estoques com os prováveis benefícios obtidos".

2.5 Controladoria na Gestão das Empresas

A Controladoria é um ramo da contabilidade tida como de grande importância na gestão empresarial, a qual surgiu com a finalidade de auxiliar os gestores na escolha de alternativas mais adequadas para uma melhor utilização dos recursos disponíveis à empresa, tendo-se como objetivos chegar a uma eficiência e eficácia empresarial.

Para isso, o Controller, responsável pela área de controladoria, deve ter conhecimento de outras áreas não só contábil, mas também no âmbito da administração, da estatística, da economia, da informática, dentre outras. Ele tem a tarefa de controlar ou verificar todas as contas da empresa, visando à continuidade do negócio.

Para fomentar a continuidade da empresa, a controladoria auxilia os gestores na tomada de decisões. Figueiredo e Caggiano (1997) ao abordarem o modelo de informação a ser a dotado pela Controladoria ressaltam: "O modelo de informação tem como objetivo principal a adequação do sistema de informação ao processo decisório, fornecendo informações cujas tendências sejam levar a decisões vantajosas com relação ao resultado econômico, fazendo com que os gestores, entre as várias alternativas, selecionem aquela que otimizará o resultado, reduzindo custos, aumentando receitas, aumentando lucro,aumentando a eficiência e aumentando a eficácia".

2.6 As Funções e Atividades da Controladoria

A controladoria exerce variadas funções, desde a responsabilidade pela coordenação, controles e a integração corporativa dos diversos segmentos administrados.

Diversos autores buscam delimitar as funções exercidas pela controladoria. A seguir são citados exemplos de classificações utilizadas pelos autores pesquisados.

Raphaell (2000) em seu artigo classifica as funções da controladoria de acordo com os departamentos a ela ligados. Nos tópicos a seguir estão descritas, resumidamente, as funções da controladoria concernentes a cada departamento.

- CONTABILIDADE: Estabelecer e manter o sistema de contabilidade que registre todas as movimentações financeiras da empresa, através das rotinas de registro contábil;
- PLANEJAMENTO: Está relacionado à elaboração de orçamentos e seu acompanhamento, utilizando os recursos de maneira acertada para a adição de ativos na empresa. Também contempla análise de balanços, interpretação das tendências econômicas, auxilio na sugestão de preços, estudos de mercado, balanços projetados e tabelas estatísticas;
- INFORMAÇÃO: Desenvolvimento e implantação de sistemas integrados. Além disso, preparar informações para os gestores, para tomada de decisões;
- AUDITORIA INTERNA: Desenvolvimento e implantação do plano de auditoria interna;
- O & M: Desenvolvimento, implantação e aperfeiçoamento dos controles internos, planos de formulários, manualização de normas e procedimentos internos, entre outros.

Almeida e Catelli (1999) estabelecem como funções desempenhadas pela controladoria as descritas a seguir:

- Subsidiar o processo de gestão: fornecer informações sobre desempenho se resultados econômicos. Também deve monitorar o processo de elaboração do orçamento;
- Apoiar a avaliação de desempenho: dividindo a empresa em áreas de responsabilidade, apurará seu próprio desempenho, das referidas áreas, dos gestores e da empresa.
- Apoiar avaliação de resultados : análise do resultado econômico, orientando o estabelecimento de padrões, avaliando o resultado de seus serviços.
- Gerir o sistema de informações: definir base de dados necessária para tomar decisões, padronizar a forma de apresentação destes dados (Modelo de informação), elaborar modelos de decisão para os diversos eventos econômicos.
- Atender aos agentes do mercado: atender às demandas externas à empresa.

3. METODOLOGIA

O presente estudo pode ser caracterizado, quanto à sua abordagem, por ser uma pesquisa descritiva. Em relação aos procedimentos de coleta de dados se caracteriza como uma pesquisa bibliográfica. Em vista da multidisciplinaridade do tema, que abrange também as áreas da administração, direito e economia, não foram consideradas as publicações de periódicos que não se classificam na área contábil, tendo em vista que a pesquisa busca identificar a produção acadêmica da área específica.

O principal objetivo deste estudo é o de compreender e analisar sobre a importância na utilização da Contabilidade Gerencial para Pequenas Empresas, auxiliando em decisões de empresariais.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo versou sobre a Contabilidade Gerencial e sua importância para os gestores das pequenas empresas, sendo esta considerada, uma ferramenta estratégica para a gestão e tomadas de decisão.

As pequenas empresas têm grande importância para o Brasil, por seus grandes números de empregos gerados, já que injetam dinheiro no mercado, mas percebe-se que seus gestores apresentam dificuldades em conduzi-las, já que se visualiza nesta ausência de conhecimentos para o uso e aplicabilidade das ferramentas gerenciais para administrar, onde a Contabilidade Gerencial poderá vir em auxílio a esses administradores.

Os gestores de pequenos empreendimentos no Brasil, não conseguem administrar suas empresas baseadas em experiências de gestores de sucesso e destaque, visto que necessitam ter auxilio de ferramentas de

gestão e dados pontuais que o permitirão conduzirem a empresa para o futuro, seja ele de curto ou de longo prazo.

Apresenta-se a Contabilidade Gerencial como uma ferramenta de apoio e decisão para questões patrimoniais e financeiras, que não está voltada exclusivamente para administração interna da empresa, s endo seu objetivo permitir encontrar informações que posicionem a empresa de maneira coerente em sua atividade operacional.

Observa-se que a Contabilidade Gerencial apresenta-se como elemento que, pela sua atuação e importância, dita os rumos das empresas, pois ela não se limita tão somente a produzir números, mas sim ajudar a interpretá-los da melhor forma, ajudando a projetar cenários futuros, questiona situações presentes, além de produzir alternativas e medidas para melhorar o desenvolvimento da organização.

5. REFERÊNCIAS

A importância da Contabilidade Gerencial para as Micros e Pequenas Empresas. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/>. Acesso em 27 de ago.2017.

CATELLI, A. (coordenador). 1999, *Controladoria:Uma Abordagem da Gestão Econômica GECON*. São Paulo: Atlas.

CREPALDI, Silvio A. 2002, *Contabilidade Gerencial: Teoria e Pratica* 2ª Ed. São Paulo: Atlas.

CREPALDI, Silvio A. 2002, *Contabilidade Gerencial*. São Paulo: Atlas.

CREPALDI, Silvio A. 2017, *Contabilidade Gerencial: Teoria e Pratica* 8ª Ed. São Paulo: Atlas.

FIGUEIREDO, S.,CAGGIANO, P. César.1997,*Controladoria:Teoria e Prática*.2ª Ed. São Paulo: Atlas.

HOOG, Wilson Alberto Z. 2013, *Manual de contabilidade: Planos de contas, escrituração e as demonstrações financeiras de acordo com as IFRS* Ed. 3ª Curitiba: Juruá.

LOPES, Alexsandro B. MARTINS, Eliseu. 2012, *Teoria da Contabilidade: Uma nova abordagem*.São Paulo: Atlas.

LUNKES, Rogério J. *Manual de Orçamento*. São Paulo: Atlas, 2011.

NETO, Alexandre A.; SILVA César Augusto T. 2002, *Administração do Capital de Giro*. 3ª Ed. São Paulo: Atlas.

RAPHAEL, David. *A Importância da Controladoria na Gestão das Empresas.* Fonte: <http://www.paineldacontroladoria.com.br/.> abril de 2000.

PADOVEZE, Clóvis L.2004, *Contabilidade Gerencial: Um enfoque em sistema de informação contábil*. 4ªEd. São Paulo Atlas.

PARISE, Claudio; MIGLIORINI Evandir. 2011, *Contabilidade Gerencial.* São Paulo: Atlas.

Planejamento Estratégico. Disponível em:<http://www.sebrae.com.br/.>Acesso 26 de ago.2017.

SILVA, Edson Cordeiro da: 2008, *Contabilidade empresarial para gestão de negócios: Guia de orientação fácil e objetivo para apoio e consulta de executivos*. São Paulo: Atlas.

AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

MODELO DE PRECIFICAÇÃO DE ATIVOS - CAPM PARA CÁLCULO DO CUSTO DE OPORTUNIDADE DO CAPITAL PRÓPRIO DAS AÇÕES ORDINÁRIAS DA NATU3 E LREN3

Vivian Szlachta Borré
Idionir Scalabrin
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Campus Erechim - Av. Sete de Setembro, 1621, Fátima. CEP 99709-910 - Erechim /RS – Brasil
viviborre@outlook.com scalabrin@uri.com.br

Resumo. *A presença de incertezas no mercado e a competição entre as empresas exigem gestores capacitados para as decisões empresarias. Os investidores precisam conhecer formas de minimizar o risco dos seus investimentos e estruturas de capital que possibilitem minimizar os custos e maximizar os resultados. Em virtude disso, há o interesse pelo estudo do modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM), como ferramenta gerencial. Este modelo é utilizado nas operações do mercado de capitais, pois com ele é possível calcular o custo de oportunidade do capital próprio, relacionando o risco não diversificável com o retorno. Os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa são classificados como bibliográficos descritivos e estudo de caso. O referencial teórico foi realizado por meio de bibliografia satisfatória a respeito dos conceitos, definições e metodologias utilizadas no Capital Asset Pricing Model – CAPM. Além disso, foi calculado o custo de oportunidade do capital próprio, utilizando o CAPM, das ações ordinárias da Natura Cosméticos (NATU3) e da Lojas Renner (LREN3). Este estudo revelou que o modelo de precificação de ativos – CAPM oferece uma maneira de avaliar a taxa de retorno requerida para os investimentos, de acordo com o seu risco sistemático, ou seja, ele relaciona o risco com o retorno. Segundo os resultados do estudo, a Natura apresenta um custo de oportunidade menor que da Lojas Renner, comprovando que o risco e o retorno são diretamente proporcionais, pois o Índice Beta da LREN3 também é superior que o da NATU3.*

Palavras-chave: *riscos, retorno, investimentos, precificação de ativos.*

1. INTRODUÇÃO

O volume dos negócios e a competição entre as empresas têm aumentado em decorrência da globalização da economia e das novas tecnologias. As decisões a respeito de investimentos são essenciais para a sobrevivência no mercado. Segundo Neto (1997), o processo de tomada de decisões reflete a essência do conceito de administração, porque administrar é decidir. No entanto, este processo essencial ao sucesso de toda empresa, vem assumindo complexidade e riscos cada vez maiores na economia brasileira.

Segundo Neto (2001) um dos aspectos mais relevantes do desenvolvimento recente da teoria de finanças e risco é o modelo de precificação de ativos, conhecido como Capital Asset Pricing Model – CAPM. Este modelo, de acordo com Filho et. al (2006), auxilia na tomada de decisão de investimentos, pois relaciona a rentabilidade esperada de um ativo ou bem, em um mercado em equilíbrio, com seu risco não diversificável, também conhecido pelo nome de beta. Ou seja, esse modelo fornece uma maneira de minimizar o risco de um investimento e aumentar o retorno para os investidores.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Em virtude da importância de identificar qual tipo de investimento é melhor para cada empresa, este estudo tem como problema: **Qual é o custo de oportunidade do capital próprio das ações ordinárias das empresas Lojas Renner SA (LREN3) e Natura Cosméticos SA (NATU3)?**

1.2 OBJETIVOS

Esta análise tem como objetivo, mensurar o custo de oportunidade do capital próprio das ações ordinárias da Lojas Renner SA (LREN3) e Natura Cosméticos SA (NATU3) com base no Modelo de Precificação de Ativos (CAPM).

1.3 JUSTIFICATIVA

O CAPM é um modelo de precificação respeitado na área financeira, porque através dele é possível calcular a taxa de retorno requerida pelos investidores e, dessa forma, escolher quais investimentos são mais viáveis para as empresas. Por meio do custo de oportunidade do capital próprio, os gestores conseguem escolher as melhores alternativas para as empresas, a fim de proporcionar maior rentabilidade com os menores riscos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Cada vez mais os investidores procuram formas de minimizar os riscos e aumentar o retorno de seus investimentos. Segundo Neto et al. (2008) o custo de capital para uma empresa pode ser usado como uma medida de avaliação da atratividade econômica de um investimento, por meio da definição de uma estrutura ótima de capital. Ou seja, o custo do capital proporciona uma taxa referencial utilizada pelos gestores na escolha de diferentes investimentos.

Prates (2016) afirma que capital é o total de recursos próprios ou de terceiros, que financiam as necessidades de longo prazo da empresa. Isso significa que o custo de capital varia de acordo com a estrutura de capital de cada empresa, pois é o valor que cada uma gasta para manter seus recursos. Segundo Forster (2009), quando o retorno de um investimento for maior que o seu custo de capital, ele agrega riqueza para seus proprietários e que este custo é conhecido na literatura financeira como *Weighted Average Capital Cost* (WACC) ou custo médio ponderado de capital.

Entretanto, para poder calcular o custo de capital é necessário antes mensurar o custo de oportunidade do capital próprio, o qual pode ser determinado por vários modelos de precificação. Dentre os vários modelos desenvolvidos, o mais utilizado no meio acadêmico e empresarial é o denominado Capital Asset Pricing Model (CAPM). Segundo Neto (2001), este modelo é derivado da teoria do portfólio e busca, mais efetivamente, uma resposta de como deve ser relacionados e mensurados os componentes básicos de uma avaliação de ativos entre risco e retorno.

O CAPM, segundo Schlindwein et. al. (2006), foi desenvolvido pelos professores Harry Markowitz e Willian F. Sharpe, ganhadores do Prêmio Nobel de 1990 e tem por finalidade auxiliar na determinação do preço de mercado do risco e o relacionamento entre o retorno esperado e o risco para ativos.

Para Brito (2003, p. 122 apud Schlindwein et. al., 2006), este modelo de precificação baseia-se em preços de equilíbrio nos mercados para os ativos de riscos. Ele afirma que o prêmio pelo risco da ação varia na razão direta do beta, ou seja, decorre das relações quantitativas existentes entre as taxas de retorno esperadas de ativos de risco, com base na premissa de que os preços dos ativos equiparam-se equacionando a oferta e a procura.

Já para Prates (2016) o CAPM, é um modelo o qual mostra o retorno que um investidor aceitaria por investir em uma empresa. Trata-se de uma maneira de encontrar uma taxa de retorno exigida que considerasse o risco sistemático (não diversificável), por meio do coeficiente Beta.

Neste contexto, Prates (2016) afirma que há dois grandes tipos de riscos:

a) **Riscos diversificáveis ou riscos não sistemáticos:** são os riscos que o investidor pode reduzir com base nos seus conhecimentos, em estratégias, por meio da diversificação;
b) **Riscos não diversificáveis ou riscos sistemáticos:** são os riscos que o gestor não possui controle e não podem ser eliminados pela diversificação, como aspectos climáticos, incerteza no cenário político e oscilações da inflação.

Portanto, o CAPM permite determinar o retorno esperado de um ativo levando em consideração o seu risco sistemático, o qual não é eliminado por meio de estratégias de diversificação.

Além disso, o Capital Asset Pricing Model baseia-se na teoria da Hipótese de Mercado Eficiente e por isso, Neto (2007) cita as hipóteses mais importantes nas quais o CAPM se fundamenta:

1. Assume-se grande eficiência informativa do mercado, atingindo igualmente a todos os investidores;
2. Os investidores, de maneira geral, são avessos ao risco. As decisões de investimentos são tomadas com base no retorno esperado e desvio-padrão;
3. Não há impostos, taxas ou quaisquer outras restrições para os investimentos no mercado;
4. Todos os investimentos apresentam a mesma percepção com relação ao desempenho dos ativos, formando carteiras eficientes com base em idênticas expectativas;
5. Existe uma taxa de juros de mercado definida como livre de risco.

Essas premissas não são restritivas, mas tem por finalidade descrever melhor o modelo de precificação CAPM.

2.1 INDICADORES DO CAPM

Segundo Ross, Westerfield e Jordan (2002 apud Schlindwein et. al., 2006), o retorno esperado de determinado ativo depende de três fatores:

1. Valor puro do dinheiro no tempo: medido pela taxa livre de risco (Rf), que representa a recompensa exigida pela simples devolução do dinheiro, não se assumindo risco;

2. Recompensa por assumir risco sistemático: é medida pelo prêmio pelo risco de mercado (Rm - R f), que corresponde à recompensa oferecida pelo mercado para se assumir um nível médio de risco sistemático;
3. Nível de risco sistemático: medido pelo coeficiente beta (β), que é o nível de risco sistemático presente em determinado ativo, em relação a um ativo médio.

Esses três fatores determinam o custo do capital próprio e podem ser representados, segundo Schlindwein et. al. (2006), pela seguinte equação:

$$Rj = Rf + \beta(Rm - Rf)$$

Onde:
- Rj é a taxa de retorno requerida para o investimento ou custo do capital próprio;
- Rf é a taxa de juros livre de risco;
- β é o coeficiente beta;
- Rm é a taxa de retorno da carteira de mercado;
- (RM – RF) é o prêmio pelo risco de mercado.

De forma simplificada, segundo Forster (2009), a equação do CAPM pode ser expressa da seguinte forma:

Taxa de Retorno Requerida = Taxa de Juros Livre de Risco + Prêmio pelo Risco

2.1.1 Taxa Livre de Risco

Uma taxa livre de risco, segundo Neto et. al. (2008, p. 76) deve expressar o correto cumprimento da obrigação de pagamento, por parte do devedor, do principal e dos encargos financeiros, em conformidade com seus respectivos vencimentos. Isso significa que uma taxa livre de risco não deve apresentar incertezas em relação ao pagamento.

No Brasil, segundo Fosrter (2009) a taxa livre de risco é geralmente calculada como uma média das taxas de juros históricos dos títulos públicos. Segundo o Banco Central do Brasil (2017), a Taxa Selic é a taxa média ajustada dos financiamentos diários apurados no Sistema Especial de Liquidação e de Custódia para títulos federais, a qual considera, para fins de cálculo, os financiamentos diários relativos às operações registradas e liquidadas no próprio Selic e em sistemas operados por câmeras ou prestadores de serviços de compensação e de liquidação. Em virtude disso, a taxa Selic no Brasil é a considerada como taxa sem risco.

2.1.2 Coeficiente Beta

O **Índice Beta**, segundo Carvalho (2011), é um importante indicador financeiro, o qual permite diferenciar ativos defensivos de ativos agressivos, ou seja, separa o nível de risco dos ativos.

Para Forster (2009), o beta mede a variação de uma ação em relação a uma carteira de mercado, perfeitamente diversificada, como, por exemplo, a carteira de mercado do IBOVESPA. Este indicador mede a sensibilidade de um ativo em relação ao comportamento de uma carteira que representa o mercado.

Segundo Gitman (2007), o coeficiente beta é uma medida relativa de risco não diversificável. É um indicador do grau de variabilidade do retorno de um ativo em resposta a uma variação do retorno de mercado. Em virtude disso, para a sua determinação é utilizado os retornos históricos de um ativo.

A equação original do coeficiente beta, segundo Foster (2009) é:

$$\text{Coeficiente Beta } (\beta) = \frac{COVRaRm}{VARRm}$$

- β = Beta
- RA = Retorno do Ativo
- RM = Retorno do Mercado

Ou seja, é a divisão da covariância entre o retorno do ativo e do mercado pela variância do retorno do mercado. Segundo Prates (2016), quanto à interpretação do coeficiente beta, pode-se afirmar que:

- Quando o beta é zero não há risco e o retorno esperado será igual ao ativo livre de risco;

- Quando o beta for menor que 1, o risco é baixo, o ativo é considerado defensivo e o retorno é abaixo do mercado, porém menos arriscado;
- Quando o beta for igual a 1, o risco é médio, o ativo é considerado de mercado e o retorno é igual ao retorno de mercado;
- Quando o beta for maior que 1, o risco é alto, o ativo é considerado agressivo e o retorno é acima do mercado, porém é mais arriscado.

2.1.3 Premio Pelo Risco De Mercado

O prêmio pelo risco de mercado é obtido pela diferença entre a taxa de retorno da carteira de mercado e a taxa de juros livre de risco. Segundo Neto et al. (2008), o prêmio pelo risco de mercado é adotado na prática do CAPM pela diferença entre o retorno médio histórico das ações (ativos com risco) e a taxa de retorno média dos títulos públicos, considerados como de risco zero.

3. METODOLOGIA

O objetivo da metodologia é orientar o pesquisador na elaboração do trabalho científico, explicando os processos e estratégias para a sua realização. Os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa são classificados como bibliográficos descritivos e estudo de caso. O referencial teórico foi realizado por meio de bibliografia a respeito dos conceitos e definições do Capital Asset Pricing Model – CAPM. Além disso, foi descrito as metodologias utilizadas para o cálculo do custo de oportunidade do capital próprio pelo CAPM.

Na aplicação desta pesquisa, foram utilizadas as informações sobre os retornos históricos da Taxa Selic e da Ibovespa, presentes no sítio do Banco Central e do Ibovespa. Já os valores do índice beta da NATU3 e LREN3, foram pesquisados no sítio Investing. Com essas informações, pode-se calcular o custo de oportunidade do capital próprio das ações ordinárias da Natura Cosméticos e da Lojas Renner.

4. RESULTADO DO ESTUDO

Conforme os objetivos deste estudo foram escolhidas as ações ordinárias da Natura (NATU3) e da Lojas Renner (LREN3) para o cálculo do custo de oportunidade do capital próprio com base no Capital Asset Pricing Model (CAPM).

Primeiramente foi determinada a taxa livre de risco, a qual foi estimada por meio da média da série histórica da Taxa Selic, apresentada no Quadro 01. Os dados da taxa Selic foram encontrados na página principal do sítio do Banco Central do Brasil (2017), com apuração mensal. Em virtude disso, foi calculada antes a média anual da série histórica da Taxa Selic desde janeiro de 2006 até dezembro de 2016 e depois apurado a média das séries históricas de 2006 a 2016, a qual resultou em 11,11%

Quadro 01 – Série Histórica da Taxa Selic

Período	SELIC
2006	15,05%
2007	11,87%
2008	8,81%
2009	9,72%
2010	9,94%
2011	11,69%
2012	8,36%
2013	8,27%
2014	10,93%
2015	13,53%
2016	14,06%
MÉDIA	11,11%

Quadro 02 – Retornos Históricos do Mercado

Período	IBOVESPA
2006	38,90%
2007	-13,30%
2008	-2,90%
2009	-15,50%
2010	7,40%
2011	18,10%
2012	1,00%
2013	82,70%
2014	-41,20%
2015	43,70%
2016	32.90%
MÉDIA	11,89%

O prêmio pelo risco de mercado, o qual é obtido pela diferença da Taxa de Retorno do Mercado e a Taxa Livre de Risco foi calculado utilizando a média da Taxa Selic, presente no Quadro 01 e a média dos retornos históricos da

carteira de mercado da IBOVESPA, expressos no Quadro 02. Os retornos históricos do Ibovespa foram utilizados conforme a BMFBOVESPA (2017) dos anos de 2006 a 2016, resultando numa média de 11, 89%. A diferença entre a média do Quadro 1 e a do Quadro 2 resultou em um prêmio pelo risco de mercado de 0,78%.

Além disso, para o cálculo do custo de oportunidade foram utilizados os Índices do Beta dos ativos da Natura e da Lojas Renner mensurados pelo Investing (2017), o qual apresentava 0,86 para a Renner e 0,76 para a Natura, indicando que a Renner possui risco maior que a Natura, porém ambas com o risco inferior ao do mercado.

Por fim, com os indicadores do CAPM calculados, aplicou-se a fórmula número 1, a fim de apurar a taxa de retorno requerida, entendida como custo de oportunidade do capital próprio para cada um dos ativos selecionados, conforme o Quadro 3.

QUADRO 03 – Apuração do Custo de Oportunidade do Capital Próprio	
LREN3	NATU3
$R = Rf + \beta_{LREN3}(R_{IBOVESPA} - Rf)$	$R = Rf + \beta_{NATU3}(R_{IBOVESPA} - Rf)$
R = 11,11 + 0,86(11,89 -11,11)	R = 11,11 + 0,76(11,89 -11,11)
R = 11,11 + 0,86 x 0,78	R = 11,11 + 0,76 x 0,78
R = 11,11 + 0,6708	R = 11,11 + 0,5928
R = 11,78 %	R = 11,70 %

Por meio do cálculo do CAPM, pode-se identificar que a LREN3 apresenta um custo de oportunidade do capital próprio maior que o da NATU3, porém ambas com resultados próximos. Dessa forma, pode-se perceber que a Renner possui um Beta maior que a Natura, ou seja, o risco da Renner é maior e por isso seu retorno também é mais elevado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das principais funções dos gestores das organizações é criar valor para a empresa, ou seja, maximizar a riqueza de seus acionistas. Em virtude disso, é necessário mensurar os retornos dos investimentos a fim de escolher as melhores decisões a respeito deles. No decorrer deste trabalho, pode-se perceber que o modelo de precificação de ativos – CAPM oferece uma maneira de avaliar a taxa de retorno requerida para os investimentos de acordo com o seu risco sistemático. Assim, pode-se avaliar se determinado investimento compensa para a empresa, relacionando risco e retorno.

O CAPM leva em consideração o Índice Beta em seu cálculo, o qual relaciona os riscos que não se têm controle e não podem ser anulados com a diversificação. Além disso, este estudo apresenta os indicadores presentes para o cálculo do CAPM, os quais são: uma Taxa Livre de Risco, o Índice Beta e um Prêmio pelo Risco de Mercado. Por meio dos resultados deste estudo, pode-se perceber que a Natura possui um Índice Beta inferior que o da Renner e, consequentemente, sua taxa de retorno também é menor. Isto comprova que o risco e o retorno estão completamente relacionados. Dessa forma, para mensurar o retorno de um investimento é necessário reconhecer os riscos envolvidos nessas operações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2017. “Histórico das Taxas de Juros”. 25 Jul. 2017 <https://www.bcb.gov.br/Pec/Copom/Port/taxaSelic.asp>.

BMFBOVESPA, 2017. “Índice Bovespa (Ibovespa) - Taxa Média de Crescimento”. 25 Jul. 2017. <http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/produtos/indices/indices-amplos/indice-ibovespa-ibovespa-estatisticas-historicas.htm>.

CARVALHO, H., 2011. “Índice Beta: Baixe essa planilha 100% grátis e aprenda a calculá-lo”. 20 Mar. 2017. <http://hcinvestimentos.com/2011/12/20/indice-beta/>.

FORSTER, G., 2009. “Modelo de Precificação de Ativos – CAPM: Um Estudo sobre a Apuração do Custo de oportunidade do Capital Próprio”. Revista TECAP, Pato Branco.

FILHO, J. M., 2006. “Estudo empírico sobre metodologias alternativas de aplicação do CAPM no mercado de ações brasileiro”. *Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Ciências Econômicas, Contábeis e Administrativas, Universidade Presbiteriana Mackenzie*. São Paulo.

GITMAN, L. J., 2007. “Princípios de administração financeira”. *Pearson Education do Brasil*, São Paulo.

INVESTING, 2017. “Natura Cosméticos SA (NATU3) - Visão Geral”. 20 Jul. 2017. <https://br.investing.com/equities/natura-on-nm>.

INVESTING, 2017. “Lojas Renner SA (LREN3) - Visão Geral”. 20 Jul. 2017

<https://br.investing.com/equities/lojasrenner-on-nm>.
NETO, A. A., 1997. “A dinâmica das decisões financeiras”. Scielo, Ribeirão Preto. 20 Jul. 2017. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-92511997000300001>.
NETO, A. A., 2001. “Mercado Financeiro”. 4. Ed. Atlas S.A, São Paulo.
NETO, A., LIMA, G. F., DE ARAUJO, A. M. P., 2008. “Uma proposta metodológica para cálculo do custo de capital no Brasil”. Revista de Administração, São Paulo.
PRATES, W. R., 2016. “O que é o CAPM (Capital Asset Pricing Model)?”. 12 Mar. 2017. <http://www.wrprates.com/oque-e-capm-capital-asset-pricing-model/>.
SCHLINDWEIN, A. C. et al., 2006. “A Utilização do Modelo de Precificação de Ativos (CAPM) no Cálculo da Estrutura Ideal de Capital de uma Empresa”. XIII Congresso Brasileiro de Custos. Belo Horizonte. 12 Mar. 2017. <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/1809/1809>.

7. NOMES DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Direito

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

O ESTADO CONSTITUCIONAL BRASILEIRO E SUA GESTÃO EM RELAÇÃO AOS PSICOPATAS CRIMINOSOS: INSPIRAÇÃO EM OUTROS PAÍSES

Bianca Moreira Litwin
Universidade Regional Integrada do Alto Urugai e das Missões, Câmpus de Erechim. Avenida Sete de Setembro, 1621, Centro – Erechim, RS.
bianca.litwin@outlook.com

Giana Lisa Zanardo Sartori
Universidade Regional Integrada do Alto Urugai e das Missões, Câmpus de Erechim. Avenida Sete de Setembro, 1621, Centro – Erechim, RS.
sgiana@uri.com.br

Júlia Mara Machado da Silva da Veiga
Universidade Regional Integrada do Alto Urugai e das Missões, Câmpus de Erechim. Avenida Sete de Setembro, 1621, Centro – Erechim, RS.
julia_silva_veiga@hotmail.com

Maria Cristina Ody
Universidade Regional Integrada do Alto Urugai e das Missões, Câmpus de Erechim. Avenida Sete de Setembro, 1621, Centro – Erechim, RS.
cristinaody@hotmail.com

Resumo. *No presente artigo, o objetivo foi expor a dificuldade na gestão do sistema penal brasileiro em relação aos psicopatas criminosos. Como alternativa, foi proposta a inspiração em países estrangeiros que possuem uma gestão mais eficiente quanto a punição designada aos portadores do transtorno da personalidade antissocial. O método utilizado foi o analítico, com pesquisa bibliográfica e texto expositivo. O artigo estabeleceu, primeiramente, uma percepção acerca das características dos psicopatas, expondo sua personalidade, comportamento e conduta criminal. Em seguida, realizou-se uma exposição do modo como o Estado Constitucional Brasileiro lida com esses indivíduos e uma comparação com o tratamento a que são submetidos em outros países. Em vista disso, nota-se a necessidade de conscientização sobre o impasse da psicopatia, bem como a urgência de fornecer um melhor preparo ao sistema penal brasileiro, para que seja possível lidar com esses delinquentes de uma forma mais adequada, considerando o espelhamento em nações estrangeiras.*

Palavras-chave. *Psicopatas, Estado Constitucional, Estado Brasileiro, gestão, países estrangeiros.*

1. INTRODUÇÃO

A problemática explorada no presente trabalho traz à tona questões e características referentes aos psicopatas, mais especificamente àqueles que cometeram crimes, bem como à punição destinada a eles pelo ordenamento jurídico brasileiro. Em contrapartida, compara a resposta do Estado Constitucional Brasileiro a estes delinquentes com o tratamento aferido a eles em Estados Estrangeiros de notável desenvolvimento.

Busca-se, neste artigo, expor a dificuldade de gestão do Estado Brasileiro em relação à punição e ao tratamento dos psicopatas criminosos. A relevância do assunto se afirma no momento em que se concebe a real questão de que o Estado não possui instrumentos nem o preparo necessário para manejar psicopatas criminosos. Cabe, portanto, uma reflexão a respeito das medidas que podem ser levadas em consideração para que se possa realizar uma mudança nesse cenário, através de uma análise comparativa a outros países que obtiveram maior sucesso nesse quesito.

A respeito da metodologia, a fonte de pesquisa primordial fora a bibliográfica, desenvolvida através de obras nacionais e internacionais de diferentes áreas: de títulos da Psicologia aos de Direito. Pesquisas em endereços eletrônicos complementaram a metodologia utilizada. O texto foi desenvolvido através do método analítico, na forma expositiva.

O trabalho foi dividido em três tópicos principais. No primeiro são traçadas as características peculiares do caráter psicopático, descrevendo os psicopatas em sua singularidade; representada, principalmente, pela ausência de sentimentos e pela incapacidade de entender ou se afetar com uma punição. Ainda no primeiro tópico, abordam-se os crimes cometidos por tais indivíduos e as variantes desse tipo de personalidade.

Já no segundo tópico, há uma breve exposição do Estado Constitucional Brasileiro e de suas características, seguido da problemática da resposta do mesmo aos crimes cometidos pelos portadores da psicopatia. No terceiro item, discorre-se sobre como os países estrangeiros lidam com os indivíduos psicopatas e os delitos por eles cometidos em comparação ao Brasil.

2. PSICOPATIA: CARACTERÍSTICAS, TIPOS E FORMAS DE MANIFESTAÇÃO NO CRIME

A palavra "psicopata" é originária do grego "*psyché pathós"* - *psyché* significa mente e *pathós*, doença. Em uma tradução pontual, o vocábulo caracteriza indivíduos que sofrem de uma "doença da mente". Como destacado por Hélio Gomes (1961) no que concerne à psicopatia forense, as personalidades psicopáticas fazem parte do capítulo mais complexo e importante da mesma. Dentre os indivíduos enquadrados nessa patologia encontram-se os marginais, os degenerados, os desequilibrados, entre outros.

Regularmente, os indivíduos psicopatas, também conhecidos como sociopatas, apresentam características que seguem um padrão, tais como: comportamentos que constantemente violam normas sociais e legais, irritabilidade, tendência à falsidade, impulsividade, dificuldade em criar uma perspectiva para o futuro, ausência de sentimentos e remorso, intelecto médio ou elevado. Além disso, desrespeitam desejos, direitos e emoções dos demais, pois tratam essas questões com indiferença e insensibilidade (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2014).

Contudo, paradoxalmente, a educação não é aplicada com sucesso a eles, uma vez que não são influenciáveis a modificações por coerção. O método utilizado na correção de seu comportamento não tem apresentado sucesso. Grande parte disso se atribui ao fato de que esses sujeitos são extremamente manipulativos e culpam o mundo externo por seus atos. Essa é a principal dificuldade que os terapeutas enfrentam ao tentar tratar esse tipo de paciente.

A psiquiatra Ana Beatriz Barbosa Silva (2008), introduz uma visão esclarecedora dos diagnosticados com esse distúrbio de personalidade:

> Esses indivíduos não são considerados loucos, nem apresentam qualquer tipo de desorientação. Também não sofrem de delírios ou alucinações (como a esquizofrenia) e tampouco apresentam intenso sofrimento mental (como a depressão ou o pânico, por exemplo). Ao contrário, seus atos criminosos não provém de mentes adoecidas, mas sim de um raciocínio frio e calculista (Silva, 2008, p.32).

Os indivíduos psicopatas não possuem todos as mesmas características, que diferem de acordo com o tipo de psicopatia que possuem. Os principais são: anormais, abúlicos, explosivos, instáveis e sexuais (Penteado, 1996). A seguir serão apresentadas algumas especificações em relação às espécies de psicopatas citadas.

Os psicopatas anormais são os que mais reincidem penalmente; são profundamente cruéis e desconhecem a honra, a compaixão e a vergonha. Os principais crimes praticados por eles são: furto, roubo, prostituição, estelionato e homicídio. Qualquer tentativa de recuperação é ineficaz, visto que não apresentam nenhum indício de consciência moral. Os abúlicos são aqueles que estão à mercê das influências alheias e são os mais educados e amigáveis durante os tratamentos. O que os leva à criminalidade é justamente o fato de se deixarem corromper (Penteado, 1996).

Os explosivos são aqueles psicopatas que se alteram por motivos fúteis, deferindo golpes em pessoas e objetos numa reação conhecida como "curto circuito". Os crimes mais comumente cometidos por eles são: estragos materiais, maus tratos aos animais, resistência às autoridades e agressões. Repentinas mudanças de humor com impulsos irresistíveis, podendo se manifestar por dromomania (mudança de local), toxicomania (beber), piromania (incendiar), cleptomania (furtar) ou, até mesmo, pelo impulso homicida, caracterizam os psicopatas instáveis. O delito mais frequentemente cometido pelos psicopatas sexuais é o estupro. Esses indivíduos apresentam desvios caracterizados por sexopatias como: fetichismo, necrofilia, narcisismo, zoofilia, masoquismo, exibicionismo, entre outros (Penteado, 1996).

Os sociopatas se enquadram em uma tênue linha entre a doença mental e a normalidade psíquica, já que eles possuem a capacidade de compreender o caráter criminoso de seus atos, diferentemente dos esquizofrênicos e dos demais doentes mentais. Outra característica que se destaca quando se trata desses indivíduos é o fato de que eles geralmente mentem e costumam transferir a responsabilidade de seus atos ao meio exterior, a outras pessoas ou à própria vítima. Em vista disso, o estudo se direciona ao modo como o Estado Brasileiro, com base em seu ordenamento jurídico, se posiciona a respeito desses indivíduos.

3. O ESTADO BRASILEIRO E SUA GESTÃO EM RELAÇÃO AOS PSICOPATAS CRIMINOSOS

Atualmente, a República Federativa do Brasil organiza-se na forma de Estado Constitucional. Este, por sua vez, tem como característica a primazia da Constituição Federal. Por conta disso, reafirma os direitos fundamentais em todas as suas variáveis formas de manifestação. Possuir uma Constituição não é o suficiente para declarar um Estado como sendo constitucional. Para isso, o conteúdo dessa lei suprema deve possuir uma limitação significativa para a interpretação e a aplicação do Direito; evitando, assim, injustiças. Como exemplo de um desses condicionadores da Constituição, é possível citar os Direitos Fundamentais e sua ligação com os Direitos Humanos (Sartori, 2015).

Outra importante característica do Estado Constitucional a ser citada é como sua estrutura deve voltar-se ao poder do cidadão de escolher livremente seus representantes. Além disso, fruto da evolução das formas de Estado, "em especial o Estado Social", o Estado Brasileiro compromete-se significativamente com a função social em suas atividades, exaltando o princípio da dignidade da pessoa humana (Sartori, 2015). Como afirma o conceituado jurista brasileiro, Paulo Bonavides (2016), "a Constituição de 1988 é basicamente em muitas de suas dimensões essenciais uma Constituição do Estado Social".

Adentrando à temática do presente artigo, quanto aos psicopatas criminosos, o Estado Brasileiro não possui uma legislação específica para pessoas na condição especial de portadores de transtorno de personalidade antissocial, os introduzindo na mesma legislação penal que trata a respeito dos portadores de doença mental:

> Art. 26 - É isento de pena o agente que, por doença mental ou desenvolvimento mental incompleto ou retardado, era, ao tempo da ação ou da omissão, inteiramente incapaz de entender o caráter ilícito do fato ou de determinar-se de acordo com esse entendimento (BRASIL, 1940).

Considerando o que foi dissertado sobre a personalidade psicopática, fica evidente que esses tipos de indivíduo possuem discernimento e compreendem o caráter ilícito de seus atos. Em razão disso, é inadmissível a consideração deles como inimputáveis.

Silvia Rawicz, em entrevista ao site Superando Abuso, expôs a seguinte opinião sobre o assunto:

> O problema do Brasil é que ele agrupa os psicopatas e os doentes mentais na mesma legislação. No entanto, a psicopatia não se enquadra nas doenças mentais padronizadas: não são débeis, tampouco apresentam sofrimento emocional. A psicopatia, por ser um transtorno de personalidade, cujas "falhas" cerebrais estão no campo dos afetos, tem como resultado um indivíduo cujo "modo de ser" se limita a condutas antissociais com enorme potencial destrutivo (SUPERANDO ABUSO, 2015).

Embora a Constituição Federal Brasileira vede determinadas penas, incluindo a de caráter perpétuo, em casos excepcionais que envolvem os psicopatas, a punição pode extrapolar o limite máximo previsto em lei.

Considerando este panorama da legislação brasileira e tendo em vista o fato de que os psicopatas não possuem a capacidade de conviver em sociedade, por representarem risco à segurança social, a alternativa que o Estado utiliza para manter esses indivíduos afastados da sociedade é a interdição civil após cumpridos os 30 anos máximos de privação de liberdade. A interdição ocorre quando se confirma que o sociopata apresenta risco a própria vida e a de terceiros, se isso já tiver sido comprovado por prévias manifestações violentas e criminosas por parte do mesmo (JUSBRASIL, 2014).

Um claro exemplo dessa situação é o famoso caso de Chico Picadinho, que matou e esquartejou duas mulheres nas décadas de sessenta e setenta em São Paulo e está preso há 41 anos, onze a mais do que o permitido por lei. Trata-se de um dos criminosos mais conhecidos da crônica policial brasileira. Seu primeiro crime ocorreu em 1966, quando matou e esquartejou a austríaca Margareth Suida. Ele foi preso, permanecendo por oito anos na cadeia. Foi solto em 1974, por apresentar bom comportamento, o que é típico dos psicopatas manipuladores em situações de cárcere privado. Dois anos após ser liberto, matou novamente. Dessa vez, a vítima foi Angela da Silva, morta por Chico em 1976, durante uma relação sexual. Logo após esquartejá-la, ele a colocou em malas e sacos e foi preso através da denúncia de um amigo, antes que pudesse esconder o corpo (GLOBO, 2017).

Somente no ano de 1972, foi aplicado a Chico um exame de sanidade mental, o qual apresentou que ele possuía uma personalidade psicopática com manifestações sádicas. No mesmo ano, foi solto pela segunda vez e tornou a cometer crimes, sendo então condenado a vinte anos de prisão. Chico cumpriu sua pena em novembro de 1998; mas, desde então, está sendo mantido recluso, sob fundamento de uma interdição do Ministério Público, que foi realizada pelo fato de a Justiça o considerar incapaz para os atos da vida civil (GLOBO, 2017).

Alguns psiquiatras alegam que psicopatas como Chico picadinho não podem voltar ao convívio social, afirmando que não há meios de recuperar uma pessoa com esses transtornos, já que não existe tratamento. Mesmo assim, a juíza

Sueli Zeraik de Oliveira Armani decidiu, no começo do mês de março de 2017, que ele não pode mais permanecer preso, embora defenda que sua liberação deve acontecer de forma gradual (GLOBO, 2017).

Segundo a ministra Nancy Andrighi:

> A psicopatia está na zona fronteiriça entre a sanidade mental e a loucura, onde os instrumentos legais disponíveis mostram-se ineficientes, tanto para a proteção social como para a própria garantia de vida digna aos sociopatas (JUSBRASIL, 2014).

Em razão disso, ela defende a ideia de que os magistrados devem procurar por meios e opções dentro do arcabouço legal que permitam a preservação dos direitos e garantias fundamentais assegurados a todos na Constituição Federal, inclusive aos psicopatas, mas sem deixar de lado a segurança da sociedade. Nancy também considera que, se tratando da questão da psicopatia, os casos e as interdições devem ser analisados isoladamente, já que é necessário um estudo e uma pesquisa de antecedentes em relação a cada sujeito para que a interdição não seja utilizada de maneira equívoca (JUSBRASIL, 2014).

A tentativa de sanção pelas medidas de segurança é outra alternativa buscada pelo Ministério Público para tentar administrar a questão da psicopatia e o crime. Contudo, é uma alternativa falha, já que a finalidade da medida é tratar o doente; para que, assim, ele não torne a praticar qualquer fato ilícito novamente. Como já apresentado no presente artigo, os psicopatas autênticos não respondem a qualquer tipo de tratamento; e, embora as demais espécies de sociopatas possuam uma pequena chance de apresentar melhora se tratados corretamente, é praticamente unânime entre os especialistas a intratabilidade desses indivíduos em relação a poderem ser reinseridos na sociedade e conviver normalmente com os demais cidadãos (JUSBRASIL, 2014).

Nota-se claramente, portanto, a ineficácia do sistema punitivo brasileiro atual sobre os psicopatas. Ao que parece, não é dada a devida importância de diferenciação desses sujeitos em relação aos doentes mentais quando se trata de punição. As alternativas buscadas são falhas e consistem, basicamente, em uma improvisação penal. Dessa forma, não é difícil perceber que o Estado Brasileiro deixa muito a desejar em relação a efetiva punição dos crimes cometidos por esses sujeitos.

Seria proveitoso para a gestão estatal que o Brasil se espelhasse em exemplos de países estrangeiros mais desenvolvidos, com sistemas penais e carcerários eficientes, onde junto ao conhecimento psiquiátrico ofereçam alternativas eficazes para os delinquentes psicopatas.

4. O TRATAMENTO CONFERIDO AOS PSICOPATAS EM OUTROS PAÍSES: BREVE COMPARAÇÃO COM O BRASIL

Diante do que foi apresentado no item anterior, fica clara a ineficácia do Estado Brasileiro em relação à punibilidade dos psicopatas criminosos. Comparado aos países estrangeiros, o Brasil se encontra em uma posição de atraso no que concerne ao assunto, se utilizando de mecanismos inconstantes, como a medida de segurança. Não obstante, a maior falha do país está no fato de incluir psicopatas e doentes mentais na mesma legislação, além de não distinguir o psicopata do criminoso comum, o que já demonstra posterior dificuldade na gestão do sistema penal.

Em alguns países, como Estados Unidos e Canadá, há diferenciação na legislação entre os psicopatas que cometem crimes e os criminosos comuns (JUS, 2015). Isso mostra que, para eles, mais importante do que a identificação do crime cometido é o reconhecimento do autor do crime, distinguindo o indivíduo "normal" do psicopata. Este parece ser o primeiro passo na busca de uma solução adequada para a problemática, ponto que deveria ser considerado pela legislação brasileira, devido a sua essencialidade.

A importância dessa diferenciação está no fato da necessidade de separar o delinquente recuperável (o indivíduo não portador de transtorno mental ou de personalidade) daquele não recuperável (os doentes mentais e os psicopatas). Como já exposto anteriormente, o Código Penal Brasileiro possui artigo específico em relação à inimputabilidade dos agentes com doença mental ou desenvolvimento mental incompleto ou retardado, porém inclui os psicopatas dentro da mesma condição, o que é um grande equívoco.

Entretanto, os países estrangeiros não estão à frente do Brasil somente nesse quesito. Estados Unidos, Noruega e China são exemplos de nações que utilizam o PCL, também denominado PCL-R ou escala Hare, que é caracterizado por ser um instrumento que avalia o risco de reincidência, com base na personalidade do condenado. É de grande eficiência em relação a possibilidade de ponderar traços psicopáticos no indivíduo, medindo seu grau de periculosidade (de Oliveira, 2011). A psiquiatra Ana Beatriz Silva (2008), autora do best-seller "Mentes Perigosas: o psicopata mora ao lado", discorre a respeito do assunto: "Nos países onde a escala Hare (PCL) foi aplicada com essa finalidade, constatou-se uma redução de dois terços das taxas de reincidência nos crimes mais graves e violentos".

Hilda Morana, psiquiatra forense, traduziu e adaptou o PCL-R para que pudesse ser utilizado também no Brasil; entretanto, por mais que isso tenha se tornado matéria de um projeto de lei, a efetiva aplicação do instrumento não ocorreu,

em razão de o projeto não ter sido aprovado (Silva, 2008). O caso de Chico Picadinho, relatado anteriormente, demonstra claramente a falta que medidas como essa fazem no ordenamento jurídico brasileiro.

Outro exemplo positivo dos EUA relacionado à questão legislativa é a definição dos maus tratos aos animais como crime grave, tendo punição equiparada ao crime de homicídio, por exemplo. Tal rigorosidade é justificada com base na premissa de que esse tipo de comportamento indica violência criminosa, inclusive podendo apontar um possível perfil psicopático. São inúmeros os casos de indivíduos psicopatas que afirmaram ter iniciado suas condutas através da crueldade com os animais, como Pedrinho matador e Edmund Kemper, respectivamente brasileiro e norte-americano (JUS, 2015).

No Brasil, a Lei nº 9.605/98, Lei de Crimes Ambientais; prevê, em seu artigo 32, a pena de três meses a um ano de detenção e multa aos crimes referentes a maus tratos contra os animais (BRASIL, 1998). Há a possibilidade, caso seja aprovado o Novo Código Penal, do aumento dessa pena em determinadas situações (JUSBRASIL, 2014), porém ainda seria pequena se comparada à sanção aplicada pelos EUA na mesma conjuntura.

Em se tratando da punição aos delitos cometidos por psicopatas, Canadá e Estados Unidos possuem previsão legal acerca da prisão perpétua em celas de isolamento. Em outros países, como Itália e Reino Unido, existe a alternativa de prisão por tempo indeterminado para esses casos. Ademais, nações como Alemanha e Suécia, se utilizam da chamada castração química para punir aqueles que cometem crimes de cunho sexual (JUS, 2015).

Diante do exposto, nota-se o atraso referente ao sistema punitivo brasileiro no que concerne aos psicopatas quando comparado ao de outros países, mostrando uma gestão com inúmeros problemas. Um dos maiores equívocos do Estado é o fato de não os diferenciar dos outros criminosos no concernente à punição. Além disso, como já mencionado, as alternativas buscadas são completamente falhas e consistem, basicamente, em uma improvisação penal.

Considerando isso, se faz necessário que as autoridades atentem para a questão, buscando tratá-la da melhor maneira possível. Uma das alternativas na gestão, pelo Estado, dos psicopatas criminosos, seria a elaboração de políticas públicas que levassem em consideração outras áreas do conhecimento que poderiam auxiliar no tratamento do indivíduo a exemplo de países que têm obtido maior sucesso, como citado anteriormente. Há a necessidade de um olhar mais integral pelo ordenamento jurídico brasileiro, garantindo a punição com um tratamento adequado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pscicopatia e a criminalidade são assuntos que, geralmente, são tratados de forma isolada. Por conta disso, o Estado Brasileiro não confere a relevância necessária no que diz respeito ao tratamento mais adequado aos portadores do transtorno da personalidade antissocial que cometem crimes.

A interdição civil dos psicopatas, após findados os 30 anos máximos de reclusão, demonstra claramente que o Estado Brasileiro não possui instrumentos adequados para lidar com o cenário que se apresenta atualmente em relação aos portadores de psicopatias. Além do fato de os incluírem na mesma legislação que os doentes mentais.

Dessa forma, não é difícil perceber que o Estado deixa muito a desejar em relação à efetiva punição dos crimes cometidos por esses sujeitos no Brasil, sendo evidente seu atraso quando comparado aos demais países. Considerando isso, se faz necessário que as autoridades atentem para a questão, buscando tratá-la da melhor maneira possível, para que, futuramente, o país possa oferecer uma resposta mais apropriada aos delitos cometidos pelos mesmos.

É coerente, também, que se ofereça um preparo eficiente aos funcionários do sistema penal brasileiro, para que estejam conscientes dos perigos e do padrão comportamental desses indivíduos, a fim de evitar uma possível manipulação pelos mesmos. Outrossim, é de suma importância o espelhamento no ordenamento jurídico dos países estrangeiros e nos instrumentos que eles possuem para facilitar a identificação dos portadores desse transtorno, como o PCL-R. A punição conferida a eles por nações como EUA, Itália e Alemanha também deve ser levada em consideração, já que, parece ter mais eficiência em relação a utilizada pelo Brasil.

6. REFERÊNCIAS

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2014. “Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais”. Artmed, Porto Alegre, 5ª edição.

BRASIL, 1988. “Constituição Da República Federativa Do Brasil”. Saraiva, São Paulo, 53ª edição.

BRASIL, 1940. “Mini código Saraiva: penal, constituição federal e legislação complementar”. Saraiva, São Paulo, 23ª edição.

BRASIL, 1998. “Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998”. 29 Ago. 2017 <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>.

Bonavides, 2016. “Curso de Direito Constitucional”. Malheiros, São Paulo, 31ª edição.

Gomes, 1961. “Medicina legal”. Freitas Bastos, Rio de Janeiro, 6ª edição.

GLOBO, 2017. “Chico Picadinho pode sair da cadeia após 41 anos”. 28 Mar. 2017 <http://g1.globo.com/fantastico/noticia/2017/03/chico-picadinho-pode-sair-da-cadeia-apos-41-anos.html>.

JUS, 2015. “Direito comparado e a punibilidade do psicopata homicida”. 28 Ago. 2017 <https://jus.com.br/artigos/44929/direito-comparado-e-a-punibilidade-do-psicopata-homicida>.

JUSBRASIL, 2014. “STJ autoriza interdição de psicopata que aos dezesseis anos matou a própria família”. 3 Abr. 2017 <https://stj.jusbrasil.com.br/noticias/114438217/stj-autoriza-interdicao-de-psicopata-que-aos-16-anos-matou-a-propria-familia>.

JUSBRASIL, 2014. “O crime de abuso contra animais e algumas de suas repercussões”. 29 Ago. 2017 <https://lucasarbage.jusbrasil.com.br/artigos/150318894/o-crime-de-abuso-contra-animais-e-algumas-de-suas-repercussões>.

Penteado, 1996. “Psicopatologia forense: breve estudo sobre o alienado e a lei”. Freitas Bastos, Rio de Janeiro.

de Oliveira, 2011. “Análise da figura do psicopata sob o ponto de vista psicológico-moral e jurídico-penal”. 30 Ago. 2017 <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2011/Relatorios/CSS/DIR/DIR_Alexandra%20Carvalho%20Lopes%20de%20Oliveira.pdf>.

Sartori, 2015. “Reprodução Humana Assistida: Um Direito Fundamental?”. Appris, Curitiba.

Silva, 2008. “Mentes perigosas: o psicopata mora ao lado”. Fontanar, Rio de Janeiro.

SUPERANDO ABUSO, 2015. “Cartilha da Psicopatia”. 28 Ago. 2017 <http://superandoabuso.com/cartilha-da-psicopatia/>.

7. NOTIFICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

MEDIAÇÃO COMO INSTRUMENTO INOVADOR DE GESTÃO NO TRATAMENTO DOS CONFLITOS SOCIAIS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

Caroline Isabela Capelesso Ceni
Giana Lisa Zanardo Sartori
Vera Maria Calegari Detoni
URI Campus de Erechim/RS
e-mails: caroline.ceni@hotmail.com; sgiana@uri.com.br; vera@uri.com.br

Resumo. *O presente trabalho objetivou a análise dos benefícios da mediação quando aplicada para o tratamento dos conflitos sociais envolvendo a administração pública, como uma técnica inovadora de gestão das contendas, a partir de uma maior consensualidade da administração pública. A pesquisa foi realizada com o método analítico, através da técnica de pesquisa bibliográfica e documental. A partir do estudo da legislação que regulamenta a mediação na administração pública, direta e indireta, bem como da bibliografia acerca do instituto concluiu-se a importância da utilização e implantação de câmaras de mediação nos entes federados, em especial em âmbito municipal, uma vez há a concretização da pacificação das pessoas e grupos e uma maior satisfatoriedade com o serviço prestado pelo ente público.*

Palavras-chave: *Mediação; Administração Pública; Consensualidade; Diálogo.*

1. INTRODUÇÃO

Em decorrência da morosidade do Poder Judiciário, bem como da nova visão do escopo social do processo, que é a pacificação social, buscam-se novos meios de tratamento de conflitos sociais não apenas para as relações entre particulares, mas também para as contendas que envolvam a administração pública e os cidadãos. Dessa maneira, o trabalho objetivou a análise dos benefícios do instituto da mediação, meio complementar de tratamento de conflitos sociais, quando utilizada pela administração pública, direta e indireta.

Para tanto se abordou, brevemente, o histórico da mediação e seu conceito, a nova visão da administração pública, após a promulgação da Constituição Federal de 1988, e a análise do Relatório Justiça em Números publicado pelo Conselho Nacional de Justiça que demonstra que os entes públicos são os que mais litigam no poder judiciário. Essa realidade mostra a necessidade de inovações na gestão dos conflitos sociais no âmbito da administração pública, o que pode ser realizado através da prática da mediação. Atualmente, a regulamentação de tal instituto é feita pela Lei de Mediação e pelo Código de Processo Civil.

2. MEDIAÇÃO: BREVE HISTÓRICO E CONCEITO

O instituto da mediação, antigo na sociedade, se institucionaliza a partir do final da década de 1970, nos Estados Unidos, com a proposta do professor Frank Sander, a partir da criação do Fórum Múltiplas Portas junto ao judiciário norte americano (BRASIL, CNJ, 2016). Tal mecanismo é baseado na premissa de que existem vantagens e desvantagens em cada procedimento a depender do tipo de conflito instaurado entre as partes e suas características.

No que concerne ao instituto da mediação, esse é um procedimento autocompositivo desenvolvido através da participação dos envolvidos na contenda e de um terceiro imparcial que conduzirá uma sessão e facilitará o diálogo entre as partes, a fim de que essas encontrem a melhor solução, bem como satisfaçam seus interesses a partir de suas escolhas, sempre respeitando o diálogo, a comunicação não violenta e a escuta (Tartuce, 2016).

Seus benefícios se devem por ser um processo autocompositivo em que as partes têm a liberdade de iniciá-lo, suspendê-lo ou abandoná-lo a qualquer tempo, uma vez que não é obrigatório. O mediador conduz a sessão, mas são as partes que se comunicam a partir desse estímulo, reatando o diálogo; as partes tratam o real cometimento da discórdia, em observância aos seus sentimentos e desejos.

Tais benefícios não são atingidos com o processo heterocompositivo, como a solução adjudicada ofertada pelo Poder Judiciário, em que se impõem as partes uma decisão, baseada na lei, que nem sempre as agrada e elas não têm a

oportunidade de externar oralmente suas insatisfações. Dinamarco e Lopes (2017) referem que não adiante o belo enunciado de uma sentença com afirmações favoráveis caso não se projeto utilmente na vida dos envolvidos.

Dessa maneira, mostra-se ineficaz tal sistema especialmente em contendas que envolvam relações continuadas, como as familiares ou relações com o poder público, uma vez que o processo não possibilita reatar o vínculo dos envolvidos e restabelecer o diálogo. Contudo, é necessário que a sessão de mediação seja conduzida por profissionais preparados e com o auxílio de técnicas que permitam que as partes entendam o conflito e a partir daí o solucionem, em respeito as suas necessidades e possibilidades. (BRASIL, CNJ, 2016).

Por consequência, a sessão de mediação, quando bem conduzida amadurece as relações e aproxima as pessoas, o que é muito importante, especialmente, nos conflitos que envolvem a administração pública, uma vez que, é um mecanismo capaz de manter a pacificação social e a satisfação do cidadão por ver respeitada as suas necessidades e possibilidades pelo Poder Público.

No Brasil, a preocupação se deu em função da morosidade do poder judiciário, em razão do número excessivo de processos em andamento, a deficiência de pessoal e a insatisfação dos jurisdicionados. Em busca de soluções efetivas, criou-se o Conselho Nacional de Justiça (CNJ), no ano de 2005, que é uma instituição pública que visa aperfeiçoar o sistema judiciário brasileiro. Visando a melhora do desenvolvimento laboral no Poder Judiciário o CNJ editou a Resolução 125/2010 que regulamenta uma série de políticas públicas a serem desenvolvidas para a melhora do tratamento dispensado aos conflitos e busca a satisfação das pessoas envolvidas, utilizando-se, para tanto, dos meios complementares de tratamento de conflitos, como a mediação.

Inicialmente, entendia-se que a mediação deveria apenas tratar das contendas privadas. Contudo, com o aprofundamento dos estudos e do entendimento a respeito do instituto estendeu-se, de maneira inovadora, a sua aplicabilidade também para o tratamento de interesses da administração pública seja com cidadãos em débito com o fisco ou empresas que prestam serviços ao poder público. Tais disposições são regulamentadas pela Lei 13.140/2015 (Lei de Mediação), bem como o Código de Processo Civil e decorrem da consensualidade da administração pública para melhor gerir suas contendas com o cidadão.

3. A ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

O direito administrativo, conjunto de normas e princípios que regem a administração pública, sofreu inovações após a Constituição de 1988 a partir da adoção de princípios do Estado Democrático de Direito, incluindo tendências como a democracia participativa que insere a ideia de participação do cidadão na gestão e no controle da administração pública (Di Pietro, 2014). Contudo, é necessário priorizar a ciência da administração pública, ou seja, a inter-relação do Poder Público com a sociedade a fim de aprimorar seu modo de gerir e atender a população nas suas necessidades de maneira mais adequada e célere (Medaur, 2014).

A finalidade precípua desse meio de governança pública é a de alcançar a estabilidade das instituições políticas e sociais por meio do fortalecimento do Estado de Direito e do fortalecimento da sociedade civil, mediante o fomento de uma participação mais ativa do cidadão (Oliveira; Sckwanka; 2009). Para tanto, deve o Estado proporcionar e disseminar a cultura do diálogo na sociedade e humanizar as relações entre a administração pública e o indivíduo.

Tal escopo pode ser atingido através do desenvolvimento de práticas democráticas como a instituição de câmaras de mediação nos entes públicos para que se dispense um tratamento adequado, célere e efetivo aos conflitos sociais que envolvam o cidadão e a administração pública, o que, como consequência, reduziria a insatisfação social e o número de processos judiciais que envolvem entes públicos, que, atualmente, é um dos maiores litigantes do poder judiciário.

3.1 A Administração Pública e o Poder Judiciário

A partir da análise das estatísticas oficiais do Poder Judiciário, publicadas nos relatórios do Conselho Nacional de Justiça, confirma-se a necessidade de inovação dos meios de gerir os conflitos que envolvam a administração pública e o cidadão. Apenas para exemplificação, e melhor elucidação, o trabalho restringir-se-á às ações que envolvam o poder público na Justiça Estadual, uma vez que é a esfera em que mais há processos em andamento.

Depreende-se, a partir do relatório publicado no ano de 2016, tendo como ano-base o de 2015, que a nível nacional o ingresso de ações para cobrança de dívidas dos cidadãos com o poder público (ações para cobrança de dívida ativa) ficou em terceiro lugar como assunto mais recorrente na Justiça Estadual, havendo o ingresso de 1.316.342 processos; sendo necessários 05 anos e 07 meses para a resolução de um processo até a sua baixa, tratando-se de execuções fiscais (BRASIL, CNJ, 2016).

Deve ainda se levar em conta que no curso de um processo judicial, além dos gastos processuais, cria-se uma expectativa de recebimento, uma vez que o patrimônio do cidadão/devedor pode não ser suficiente para saldar a dívida. Dessa maneira confirma-se a importância do diálogo do poder público com o cidadão/devedor, seja nas ações para cobrança de débito ou para os demais conflitos que envolvam o poder público e sejam passíveis de acordo.

Inúmeros são os benefícios para o Poder Público quando da utilização dos meios complementares de solução de conflitos, especialmente a partir da regulamentação trazida pela Lei de Mediação e o art. 3°, §2°, do Código de Processo

Civil (BRASIL, Lei 13.140/2015, Art. 3°, §2°) que regulamenta a promoção da solução consensual de conflitos por parte do Estado sempre que possível.

3.2 A Administração Pública e a Mediação

Para a realização da mediação na administração pública devem ser respeitadas limitações e requisitos, impostos pelo ordenamento jurídico. Atualmente a Lei de Mediação, no seu Capítulo II, dispõem a possibilidade e as exigências especificadamente em cada Ente Federado da administração pública direta e indireta.

Tratando-se da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, é possível a criação de câmaras de prevenção e resolução administrativa de conflitos para os casos de embates entre órgãos e entidades da administração pública; para avaliar a possibilidade dos pedidos de resolução de conflitos, por meio de composição, no caso de controvérsia entre particular e pessoa jurídica de direito público; e para promover, quando couber, a celebração de termo de ajustamento de conduta. (BRASIL, Lei 13.140/2015, Art. 32). Cada ente federado deve regulamentar as suas disposições e no caso de acordo entabulado, esse, terá eficácia de título executivo extrajudicial. (BRASIL, Lei 13.140/2015, Art. 32).

No que concerne à administração pública federal indireta, suas autarquias e fundações é necessária à autorização do Advogado-Geral da União, com base em jurisprudência do Supremo Tribunal Federal ou de tribunais superiores; ou de parecer do Advogado-Geral da União aprovado pelo Presidente da República. (BRASIL, Lei 13.140/2015).

Oliveira e Schwanka (2009) referem que a utilização pela administração de meios autocompositivos, como a mediação, ganha cada vez mais relevância, uma vez que promove a participação dos particulares, diretamente envolvidos ou interessados, no processo de tomada de decisões. Dessa maneira, possibilita-se uma maior aceitação, ao invés de uma imposição, gerando uma maior pacificação e satisfação social e privilegiando a cidadania participativa.

Além da pacificação social, escopo do processo e da justiça, a utilização das câmaras de mediação diminuiria o volume de demandas repetitivas do Judiciário, como as inúmeras execuções de dívida ativa, e contribuiria para que os entes públicos adotassem uma postura menos litigiosa e mais pacífica, pautada no diálogo com a sociedade, ou seja, com a maior beneficiada por tais iniciativas. Tonin (2016) refere que a utilização desses meios pelo Poder Público insere-se na ideia de consensualidade na administração pública, ou seja, um posicionamento mais pacífico pautado no diálogo e na composição, visando finalidades públicas.

Ressalta-se ainda que a tentativa de composição amigável dos conflitos por parte do poder público não acarreta em prejuízos, uma vez que, conforme determina o art. 34, da Lei de Mediação, a instauração do procedimento administrativo no âmbito da administração pública suspende a prescrição (BRASIL, Lei 13.140/2015, Art. 34). Além disso, a mediação ocorrerá em casos que sejam possíveis a transação e o acordo, se mostrando como um instrumento eficaz na gestação dos conflitos, especialmente em âmbito municipal, uma vez que o poder público está mais próximo do cidadão e de suas necessidades e possibilidades.

3.3 A Mediação e o Município de Erechim/RS

Diante do exposto denota-se a importância de novas práticas de gestão na administração pública, a fim de que haja uma melhora no gerenciamento dos conflitos, bem como uma maior satisfação dos envolvidos. Nessa senda, e em busca de uma redução de custos e aumento do empoderamento pessoal, tramita como Projeto de Lei no Município de Erechim/RS a iniciativa de criação de uma Central de Conciliação e Acordos, composta por uma Câmara de Indenizações Administrativas e de uma Câmara de Mediação e Conciliação a ser instalada junto ao poder público municipal.

Atualmente, conforme consulta ao site do Poder Judiciário existem em torno de 890 processos ativos em que figura como parte o Município de Erechim/RS. Frisa-se que na maioria dos casos tratam-se de ações de direitos disponíveis, como a cobrança de valores de dívida ativa, o que poderia ser resolvido através do procedimento da mediação. Como consequência, reduzir-se-ia o tempo de espera até a solução da lide e haveria um incremento no número de acordos e de pagamento, uma vez que a mediação é um procedimento voluntário em que as partes decidem as melhores opções pautadas pelo diálogo e satisfação dos seus interesses.

Ressalta-se ainda a diminuição dos custos e do tempo de tramitação processual. Enfatiza-se que tal projeto não acarretaria em um aumento de custos para o município, uma vez que esse já conta com profissionais que podem atuar com a mediação. Atualmente, referido projeto de lei está em trâmite para votação na Câmara dos Vereadores.

.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se da pesquisa que o poder público, em respeito aos direitos fundamentais, aos princípios do Estado Democrático de Direito, bem como a fim de que se adeque a nova legislação deve buscar novas formas, inovadoras e eficazes, para administrar e gerir a administração pública na ocorrência dos seus conflitos. Contudo, deve-se ter como referência o diálogo, o acordo, a colaboração e a cooperação e não apenas uma postura de judicialização de demandas.

É necessário que se implante um modelo democrático de administração pública, o que pode começar a ser feito a partir de iniciativas como o Projeto de Lei do município de Erechim/RS para a instauração da mediação para resolução e tratamento dos conflitos sociais envolvendo o Poder Público. A utilização de tais institutos possibilitará que se desenvolva uma postura de diálogo frente aos conflitos, o que, como consequência, aumentará a pacificação social e a satisfação dos cidadãos por verem respeitadas as suas necessidades.

Além disso, haverá uma redução nos custo e no tempo de espera até o desfecho processual, uma vez que quando entabulado um acordo a partir da utilização da mediação o conflito se finda sem o desgaste judicial que ocorre com a judicialização de processos, decorrente da excessiva demora dos trâmites processuais e com um baixo custo financeiro. Frisa-se ainda que o desenvolvimento de tal ferramenta pacifica de maneira efetiva o meio social e melhora a relação do poder público com o cidadão.

5. REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. *Manual de Mediação Judicial*. In: AZEVEDO, André Gomma de (Org.). Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.cnj.jus.br/files/conteudo/arquivo/2016/07/f247f5ce60df2774c59d6e2dddbfec54.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. *Justiça em Números 2016*. Brasília: CNJ, 2016. Disponível em: <http://www.cnj.jus.br/files/conteudo/arquivo/2016/10/b8f46be3dbbff344931a933579915488.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. *Resolução CNJ n. 125, de 29 de novembro de 2010*. Dispõe sobre a Política Judiciária Nacional de tratamento adequado dos conflitos de interesses no âmbito do Poder Judiciário e dá outras providências. Disponível em: <http://www.cnj.jus.br/busca-atos-adm?documento=2579>. Acesso em: 15 ago. 2017.

BRASIL. *Lei 13.105, de 16 de Março de 2015*. Código de Processo Civil. Diário [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23.09.2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13105.htm>. Acesso em: 15 ago. 2017.

BRASIL. *Lei 13.140, de 26 de Junho de 2015*. Dispõe sobre a mediação entre particulares como meio de solução de controvérsias e sobre a autocomposição de conflitos no âmbito da administração pública; altera a Lei nº 9.469, de 10 de julho de 1997, e o Decreto nº 70.235, de 6 de março de 1972; e revoga o § 2º do art. 6º da Lei nº 9.469, de 10 de julho de 1997. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 29.06.2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/Lei/L13140.htm>. Acesso em: 15 ago. 2017.

Dinamarco, Cândido Rangel. Lopes, Bruno Vasconcelos Carrilho. *Teoria Geral do Novo Processo Civil*. 2. ed. rev. e atual. Malheiros: São Paulo, 2017.

Di Pietro, Maria Sylvia Zanella. *Direito Administrativo*. 27. ed. Atlas: São Paulo, 2014.

Medauar, Odete. *Direito Administrativo Moderno*. 18. ed. rev. e atual. Revista dos Tribunais: São Paulo, 2014.

Oliveira, Gustavo Justino de. Schwanka, Cristiane. A Administração Consensual como a Nova Face da Administração Pública no Séc. XXI: Fundamentos Dogmáticos, Formas de Expressão e Instrumentos de Ação. *Revista da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo*, São Paulo, SP, v. 104, p. 303-322, jan./dez. 2009. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rfdusp/article/viewFile/67859/70467>. Acesso em: 15 ago. 2017.

Tartuce, Fernanda. *Mediação nos Conflitos Civis*. 3 ed. rev. atual. e ampl. Método: Rio de Janeiro, 2016..

6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

As autoras, Caroline Isabela Capelesso Ceni, Giana Lisa Zanardo Sartori e Vera Maria Calegari Detoni, são as únicas responsáveis pelo conteúdo desse artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

TRADE DRESS: A CONCORRÊNCIA DESLEAL COMO FORMA DE PROTEÇÃO NO DIREITO BRASILEIRO

Samanta Calegari
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Erechim
saamantacalegari@hotmail.com
Simone Gasperin de Albuquerque
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Erechim
salbuquerque@uri.com.br

Resumo. O presente trabalho traz uma pesquisa dos sinais distintivos reconhecidos pela legislação brasileira, apresentando a origem e a classificação dos sinais distintivos. É abordado o tema dos tipos de marcas e a distinção entre as marcas notórias e de alto renome, estas consideradas uma inovação trazida pela Lei de Propriedade Industrial do Brasil. A pesquisa apresenta o questionamento sobre a falta de proteção existente em relação ao instituto do *trade dress*, relativamente moderno, e a tentativa de suprimir este vácuo no ordenamento jurídico brasileiro através dos dispositivos legais em relação a concorrência desleal. A pesquisa apresenta ainda, a identificação do *trade dress, através* da doutrina e da jurisprudência pátria, pontuando os requisitos necessários para seu reconhecimento – a distintividade e a possibilidade de confusão. O estudo utilizou o método indutivo através de pesquisa bibliográfica e documental.
Palavras-chave: Propriedade Intelectual. Marcas. *Trade Dress.* Concorrência Desleal.

ABSTRACT. *The present study brings a research of distinctive signs recognized by Brazilian legislation, presenting the source and the distinctive signs classifications. It is discussed the theme of kinds of trademarks and the distinction of well-known trademarks and highly reputed; these are considered one innovation brought by Brazilian Intellectual Property Law. The research shows the questioning about the existent lack of protection in relation to trade dress institute, relatively new, and the attempt to close this loophole in Brazilian legal order through the legal devices of unfair competition. The search still report the identification of trade dress, through the doctrine and the homeland jurisprudence, scoring the necessary requirements for being recognized – the distinctiveness and the possibility of confusion. The study used the inductive method though the documental and bibliographic research.*
Keywords: *Intellectual Property Law. Trademarks. Trade dress. Unfair Competition.*

1 INTRODUÇÃO

O *trade dress* ou, conhecido como conjunto-imagem, maneira que foi trazido para o Brasil, é a identidade visual do produto ou estabelecimento além da marca. É a forma como se apresenta a embalagem, a combinação de cores ou até mesmo a mobília de determinado lugar, é o conjunto de detalhes que compõem a essência do produto. Assim, há uma necessidade de proteger o conjunto-imagem para que não ocorra a concorrência desleal no mercado.

A globalização trouxe a necessidade de meios mais eficazes para a diferenciação dos produtos oferecidos ao consumidor. A competitividade entre o mercado aumentou, e muitos empresários usam a criatividade para distinguir seus produtos e estabelecimentos para serem mais atrativos e conseguir o reconhecimento do consumidor. Porém, outros preferem copiar a identidade visual de produtos que já se consagraram no mercado. Provoca-se, assim, uma competitividade desleal, levando ao criador do conjunto-imagem uma diminuição em relação a lucratividade do produto. Ocorre que o imitador do produto, serviço ou estabelecimento, em razão da semelhança ao original gera uma confusão entre os consumidores, principalmente, aos desatentos.

Como visto, o *trade dress* é de suma importância para o mercado. Entretanto, na área jurídica, e especialmente no Brasil, há uma certa nebulosidade sobre o assunto. O instituto não é previsto no ordenamento jurídico de forma explícita, e acaba sendo protegido em disputas judiciais através da concorrência desleal, o que dificulta seu efetivo reconhecimento. Não há uma forma objetiva e normativa que trata o instituto, assim, torna-se vaga a sua identificação e proteção. A jurisprudência já evoluiu bastante nesse sentido, trazendo diretrizes para o reconhecimento do *trade dress*. Evidente que não é ainda suficiente essa evolução, visto que, o mercado é altamente competitivo e os empresários

muitas vezes conseguem ludibriar as normas de propriedade intelectual provocando um desequilíbrio nas relações de mercado.

2 MARCAS

Marcas são por excelência sinais distintivos. Pontualmente, Ricardo Negrão conceitua marca de modo abrangente: "[...] marca é o sinal, distintivo visualmente perceptível usado para distinguir produto ou serviço de outro idêntico, semelhante ou afim, de origem diversa, bem como para atestar a conformidade de um produto ou serviço com determinadas normas ou especificações técnicas e, ainda, para identificar, produtos ou serviços provindos de membros de determinada entidade" (Negrão, 2007, p. 143). E a acrescenta: "Do ponto de vista do estabelecimento e identificando sua natureza jurídica, a marca pode ser conceituada como um direito de propriedade incorpórea, integrante do estabelecimento, que tem como funções distinguir produtos e serviços e, em alguns casos, identificar sua origem e atestar o atendimento desses quanto a certas normas e especificações técnicas. A noção essencial de marca, portanto, é, em resumo, tratar-se de um sinal visualmente perceptível, tendo como função principal seu papel distinguidor. Nas legislações de cada país, além desse aspecto, outros são enfatizados, como suas outras utilidades e o direito que ela provê" (Negrão, 2007, p. 144).

A marca possui papel distintivo. A partir dela é possível distinguir um produto especifico dos demais, mesmo os produtos sendo da mesma linha. Assim, uma marca conceituada no mercado, sempre será relevante em detrimento das demais. Ainda, Carlos Henrique de Carvalho Fróes observa que a marca atualmente assume um papel em prol a coletividade de quem adquire o produto ou serviço, conforme leciona: "Ultimamente, tem sido acentuado, com razão, que a marca não tem, apenas, a função de assegurar direitos e interesses meramente individuais, mas a própria comunidade, por proteger o grande público, o tomador de serviços, o usuário, o povo em geral, que melhores elementos terá a aferição da origem do produto e do serviço prestado. [...] Fica, pois, evidenciado que, pelo menos no Brasil, a proteção à marca tem como objetivo garantir, de um lado, o interesse de seu titular e, de outro, o do consumidor, que não pode ser enganado quanto ao produto que compra ou o serviço que lhe é prestado" (Fróes, 2007, p. 85-86).

É de suma importância a preocupação do ordenamento jurídico brasileiro a proteger não apenas a marca que está vinculada ao produto e serviço, mas também aqueles que fazem parte da relação de compra e venda. Conhecer o produto e saber que o cuidado para sua logística são seguros faz com que a marca em questão torna-se ainda mais reconhecida e respeitada.

Alguns sinais distintivos não podem ser registrados como marca, Cláudio Barbosa menciona conforme a LPI: "[...] são considerados protegíveis como marca os sinais distintivos visualmente perceptíveis não compreendidos nas proibições legais, proibições que compreendem: a) sinais oficiais nacionais, estrangeiros ou internacionais, como, por exemplo, brasões, armas, bandeiras, nomes de organismos internacionais, termos técnicos etc.; b) cores, números, e sinais isolados (algarismos e datas), salvo se revestidos de suficiente forma distintiva; c) sinais contrários à moral ou que ofendam a honra ou imagem de pessoas ou atendem contra a liberdade de consciência, crença, culto religioso ou ideia e sentimento dignos de respeito e veneração; d) reprodução ou imitação de nome, marcas, elemento característicos ou diferenciador de título de estabelecimento ou nome de empresa de terceiros; d) sinais genéricos ou vulgares; e) sinais ou expressões empregadas apenas como meio de propaganda, sem distintividade; f) indicações geográficas ou sinais que induzam falsa indicação quanto à origem; dentre outras proibições específicas, elencadas no art. 124 da Lei nº 9.279/1996" (Barbosa, 2009, p. 140).

Por fim, Ricardo Negrão pontua ainda duas funções: "Além de distinguir, a marca possui outras duas funções decorrentes dessa: a de qualidade, consistente na referência dos produtos ou serviços a uma origem não-enganosa, e a publicitária, complementar ao aspecto distintivo, consistente no fato de se revelar capaz de contribuir para a promoção dos produtos ou serviços, como ocorre, com as marcas que transcendem sua função essencial e passam a identificar produtos ou serviços em todos os ramos da atividade: marca de alto renome, previstas no art. 125 do Código de Propriedade Intelectual" (Negrão, 2007, p. 146).

2.1 Classificação das Marcas

Doutrinariamente, a classificação das marcas não é um ponto pacífico, existindo classificações distintas na doutrina.

Liliane Minardi Paesani classifica as marcas quanto a origem, entre nacionais e estrangeiras, sendo a primeira aquelas regularmente depositadas no Brasil, por pessoa domiciliado aqui e a segunda aquelas depositada por pessoa domiciliada fora do país ou aquela depositada em pais vinculado a tratado ratificado pelo Brasil (Paesani, 2015).

Seguindo, há a classificação das marcas quanto sua aplicação, uso ou natureza, da qual encontra-se respaldo legal no artigo 123 da LPI. São modalidades dessa classificação: a) Marca de produto ou serviço: "essas marcas são usadas para distinguir os produtos ou serviços de outros idênticos, semelhantes ou afins, de origem diversa. Ex.: EMBRATUR (Instituto Brasileiro de Turismo)" (Paesani, 2015, p. 60). b) Marca de certificação: "atesta a conformidade de um produto ou serviço com determinadas normas ou especificações técnicas, notadamente quanto à qualidade, natureza, material utilizado e metodologia empregada" (Negrão, 2007, p. 146). Ainda, a Confederação Nacional da Indústria afirma que "o objetivo principal é garantir ao consumidor que o produto em questão atenda às especificações de qualidade da entidade certificadora" (2013, p.77). Como exemplo pode-se citar a ABIC - Associação Brasileira de

Indústria do Café ou a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. c) Marca Coletiva: semelhante a marca de produto ou serviço, prestam a distinguir um serviço ou produto, se diferenciam dessas porque as "marcas coletivas, não existe um fonte única e, sim, uma coletividade de prestadores de serviço ou de produtores de um mesmo artigo" (Confederação Nacional Da Indústria, 2013, p. 77). Assim, a marca coletiva poderá ser utilizada por todos os membros filiados em uma cooperativa, associações, sindicatos, etc. (Paesani, 2015).

Ricardo Negrão, apresentação a classificação quanto à finalidade das marcas, distinguindo a marca especifica ou singular – destinada a assinalar apenas um objeto e a marca genérica ou geral – da qual identifica uma série de produtos ou artigos, que são individualmente caracterizados por marcas específicas e apenas pode ser usada quando acompanhada de marca específica (Negrão, 2007).

Outra classificação de suma importância é a de apresentação ou em relação a forma, subdivide-se em: a)Marca nominativa ou verbal: conforme a Confederação Nacional da Indústria conceitua pontualmente o instituto da seguinte forma: "É a expressão escrita, textual, formada por uma sequência de letras e/ou algarismos, sem estar dissociada a uma grafia estilizada ou a um desenho, como por exemplo – segundo as Diretrizes de Análises de Marcas do INPI: VARIG, CORONA, AtlânTIca, XIX (dezenove, em algarismos romanos). A grande vantagem do registro na forma nominativa é que a marca não fica vinculada a nenhuma estilização ou desenho. Assim, o titular pode utilizar a marca na forma como quiser e, ainda, pode mudar a estilização da marca ao longo do tempo, sem correr risco de sofrer caducidade por não estar usando a marca na estilização que foi registrada no INPI – já que as marcas nominativas não se prendem a nenhuma estilização" (Confederação Nacional Da Indústria, 2013, p. 73). b) Marca figurativa ou emblemática: composto apenas por uma ilustração, elementos gráficos, desenhos, monogramas, emblemas, símbolos, qualquer forma estilizada de letra ou número ou qualquer sinal, sem nenhuma associação de letras ou algarismos. c) Marca mista: "quando constituída por elementos nominativos, ou figurativos, ou de elementos nominativos cuja grafia se apresente de forma estilizada. Ex.: McDonald's" (Paesani, 2015, p. 61). d) Marca Tridimensional: possui uma apresentação em várias dimensões visuais, podendo existir inclusão de palavras, marcas, cores e desenhos em vista frontal, lateral, superior, inferior, ou em alguma perspectiva dessas. Liliane Minardi Paesani ainda sobre o tema pontua que "são constituídas pela representação gráfica de forma plástica, distintiva de um produto. Não se confunde com desenho industrial, mas presente os requisitos, poderá ser acumulativa" (Paesani, 2015, p. 61).

Atualmente, a partir da doutrina e jurisprudência, foi elaborada uma classificação sobre o grau de distintividade, da qual é relevante para solucionar problemas em conflitos marcários. Inteligentemente, a Confederação Nacional da Indústria aponta a importância dessa modalidade: "[...] dependendo da constituição do signo, ele pode ser capaz de distinguir qualquer produto ou serviço; pode ser capaz de distinguir apenas determinados produtos ou serviços; e pode não ser capaz de distinguir. Isso traz amplas consequências para o escopo de proteção conferido às marcas, exercendo, portanto, direta influência nas ações judiciais que tratam a matéria. Sob o prisma da distintividade, as marcas podem ser divididas em: (i) marcas de fantasia; (ii) marcas arbitrárias; (iii) marcas sugestivas ou evocativas; e (iv) signos genéricos, necessários, comuns, vulgares ou simplesmente descritivos" (Confederação Nacional Da Indústria, 2013, p. 78). Assim, com essa classificação, pode-se ampliar o conceito de marca a outros institutos.

3 O TRADE DRESS NO DIREITO BRASILEIRO E SUA PROTEÇÃO

3.1 Histórico

No século XIX ocorreu a primeira menção do instituto *trade dress*. Filipa da Costa Oliveira apresenta o caso emblemático: "O termo *trade dress* teve origem nos E.U.A, em 1992, no julgamento, pela *Supreme Court* do célebre caso "Two Pesos vs Taco Cabana", no qual, o autor e dono de uma rede de restaurantes pretendia ver protegida a imagem e estilo do seu estabelecimento comercial como *trade dress*. Deste modo, o autor pretendia ver proibido o uso indevido, pela empresa infractora, do conjunto de elementos copiados do seu restaurante, os quais enquadravam o restaurante da empresa ré, ficando assim provado, que confundia os consumidores quanto à origem dos serviços prestados" (Confederação Nacional Da Indústria, 2013, p. 11).

A partir desse caso, a demanda em relação a violação do conjunto-imagem na Corte americana significativamente aumento e consequentemente, o conceito originário, do qual trazia uma proteção total e geral de um produto foi revista. As decisões seguintes sofreram algumas variações justamente na generalidade e subjetividade (Texeira, 2017).

Atualmente, nos Estados Unidos, o *trade dress* tem amparo legal especifico com o *Lanham Act* da Lei Federal de marcas que trata a proteção de slogans, frases, embalagens de produtos e até a própria aparência do produto em si (Xavier, 2016).

Cassiano Ricardo Golos Texeira conclui a questão do seguinte modo: "Em unânime e valiosas decisões em 2000 e 2001, que transformaram o entendimento do conceito *trade dress*, e radicalmente alteraram os requerimentos perante os tribunais, foram designados os limites da proteção que se dá ao "jeitão" do produto ou serviço (Teixeira, 2017, p.8).

Assim, o conceito atual e seus elementos necessários para proteção unificaram-se ao ponto que os conceitos se coincidissem no cenário nacional e internacional, a partir disso, será analisado detalhadamente o instituto.

3.2 Conceito

A marca é sinal que por excelência representa ou que distingue empresas, conforme previsão no Código de Propriedade Industrial. Entretanto, a marca não é a única da qual identifica um produto, há outros sinais que contemplam a abrangência de detalhes de uma produto ou estabelecimento, conforme já analisado nos sinais distintivos. Assim, prevê a Constituição Brasileira em seu artigo 5º, XXIX: XXIX - a lei assegurará aos autores de inventos industriais privilégio temporário para sua utilização, bem como proteção às criações industriais, à propriedade das marcas, aos nomes de empresas e a outros signos distintivos, tendo em vista o interesse social e o desenvolvimento tecnológico e econômico do País; (Brasil, 2017)

Conforme a Constituição brasileira, há proteção a outros signos distintivos, visto que, apenas as marcas e os nomes de empresas não são suficientes para a memorização do consumidor, e assim outros elementos servem para a identificação de determinado produto (Xavier, 2016).

Incialmente, o *trade dress* foi definido como a "vestimenta" do produto e do serviço e assim, era considerado como uma proteção complementar a marca. Entretanto, essa noção suplementar do instituto foi superado ao ponto que deixou de ser apenas uma "vestimenta" para ser como um todo que pode ser entendido como o conjunto-imagem de um produto ou serviço (Barbosa, 2011).

Com esse conjunto de especificações visuais ou até mesmo expressões para determinar certo produto ou estabelecimento, surge a significação secundária (*secondary meaning)* e em contrapartida o *trade dress*, conforme pontua Vinícius de Almeida Xavier: "Essa configuração visual distintiva, pelo uso ou divulgação, denomina-se "significação secundária". Nesse contexto, surge o *trade dress*, ou o conjunto-imagem, que tem por sua significação relacionada na percepção visual, ou seja, como o produto ou serviço é apresentado ao público, compreendendo, assim, o aspecto visual da marca potencializando a sua imagem, fruto de um processo de construtivo relacionado ao *branding".* (Xavier, 2016).

Incialmente, o *trade dress* foi definido como a "vestimenta" do produto e do serviço e assim, era considerado como uma proteção complementar a marca. Entretanto, essa noção suplementar do instituto foi superado ao ponto que deixou de ser apenas uma "vestimenta" para ser como um todo que pode ser entendido como o conjunto-imagem de um produto ou serviço (Barbosa, 2011).

Dessa forma, toda a identidade além da marca é considera significação secundária e está estritamente interligado ao instituto do *trade dress*. Assim a possibilidade de identificação de elementos que determinam certo produto, serviço e estabelecimento. Define Luciana Yumi Hiame Minada sobre o instituto: "Pode-se definir o *trade dress* [...] como o conjunto de características visuais e sensoriais de determinado produto ou estabelecimento comercial, o qual permite que os consumidores sejam capazes de identificar sua origem, distinguindo-os dos demais existentes no mercado" (Minada, 2016).

O conjunto-imagem, como é conhecido o *trade dress*, vai além de simples sinais e pode até mesmo abranger os sentidos, como cheiros ou paladar, ou simplesmente a configuração de cores numa determinada embalagem. Gustavo Piva Andrade acrescenta ainda: "Esta identidade, conhecida na doutrina especializada como *trade dress*, constitui o conjunto dos elementos gráfico-visuais que identificam determinado produto ou serviço. Assim, o *trade dress* pode consistir na aparência visual de uma lata de refrigerante, do rótulo de um vinho; da embalagem de um creme dental; do design de um tablete; da decoração de um restaurante, e da testeira de um posto de gasolina, entre diversos outras" (Andrade, 2016b).

Apesar de todos os ramos que o instituto possa alcançar é necessário mencionar que para se verificar de fato um conjunto-imagem igual ao outro é preciso que exista elementos característico do instituto para a proteção de fato. Para tanto, será analisado minunciosamente esses requisitos posteriormente a ponto de sanar controvérsias, visto que, não há legislação que trate da matéria.

No que tange a proteção legal, ou a inexistência dela, Vinicius de Almeida Xavier dispõem: "A ausência de previsão legal para proteção ao *trade dress* coloca a configuração visual de produtos e estabelecimentos à mercê de contrafatores que poderão se valer de forma desautorizada desse elementos identificadores, obtendo ganhos econômicos. Não são raros no Brasil litígios que envolvem *trade dress.* O judiciário Brasileiro diante da lacuna legal quanto à proteção ao instituto, na maioria dos casos apreciados, tem sua resolução com base na repressão, à concorrência desleal ou, conforme o caso, de garantia à livre concorrência" (Xavier, 2015, p.255).

Assim, tanto para o reconhecimento quanto a proteção do instituto, é necessário vias alternativas. Cumpre mencionar que atualmente, as disputas judiciais envolvem principalmente o conjunto-imagem de produtos farmacêuticos, cosméticos e bebidas (Daniel, 2006).

Dessa forma, com o conceito do instituto *trade dress* definido, é possível discorrer sobre seus requisitos e a forma mais usual de repressão pela concorrência desleal.

3.3 Elementos característicos do *Trade dress*

O conjunto-imagem vai muito além de alguns detalhes e é necessário prestar atenção para identificar o conjunto-imagem pertence a determinado produto. Para a identificação de um *trade dress* único é aceito pela doutrina dois

requisitos base, tais quais "a distintividade do seu *trade dress*; e a possibilidade de confusão ou associação" (Andrade, 2016b).

Em relação a distintividade do produto cabe mencionar que são peculiaridades de um produto dos quais conferem a ele um identidade única da qual é possível individualizar e distinguir esse aos demais encontrados no mercado.

Nesse ponto, cabe mencionar a existência de alguns sinais que tornam-se de uso comum e assim não podem gerar uma exclusividade. É o exemplo dos copos de molho de tomate, não há como retirar a cor vermelha e conferir a uma marca apenas, visto que é de uso comum (Minada, 2016). E, também, a imagem de uma mulher estampada nas caixas de tintura para cabelos femininos, há uma necessidade desse formatação para que ajude o consumidor visualizar o resultado final (Xavier, 2015).

Sobre a possibilidade de confusão entre produtos, deve se analisar o *trade dress* de forma conjunta - sua combinação de cores, desenhos, marcas, formas e outros sinais para identificação e o nível de atenção do consumidor, tendo como padrão o consumidor médio que não se apega as peculiaridades (Minada, 2016).

4 CONCLUSÃO

Como não existe proteção normativa no ordenamento jurídico para a proteção da identidade visual de um produto ou estabelecimento, o *trade dress* é amparado pelo instituto da concorrência desleal. Assim, pontua Gustavo Priva Andrade: "No Brasil, a proteção do *trade dress* se dá precipuamente através do instituto da concorrência desleal e se encontra relacionada à noção de aproveitamento indevido do esforço alheio. Logo, quando um agente imita a embalagem ou a aparência extrínseca de um produto ou serviço de um competidor, ele pode ser perfeitamente acionado com base nas regras de concorrência" (Andrade, 2016b).

Assim, mesmo a inexistência da previsão legal do instituto, o *trade dress* pode ser protegido pela concorrência desleal desde que preencha os requisitos já exemplificados. A questão é que não se pode deixar que livre concorrência se torne desleal, enfraquecendo aqueles que dedicam-se a arte de criar um identidade exclusiva ao seu negócio. É evidente que a concorrência desleal é o meio mais usual para a proteção do *trade dress*, entretanto não deve ser único. Faz-se necessário um precisão legal do instituo para que possa ser protegido da mesma maneira que a marca é protegida.

5 REFERÊNCIAS

ANDRADE, Gustavo Piva. **A proteção do *trade dress* na área farmacêutica**. 2009. Disponível em: < http://www.dannemann.com.br/dsbim/Biblioteca_Detalhe.aspx?&ID=392&pp=1&pi=2>. Acesso em: 23 out. 2016a.

ANDRADE, Gustavo Piva**. Sobre a proteção da identidade visual.** Bens & Serviços. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://fecomercio-rs.org.br/uploads/revistas/2012_11_06_14_31_14_2_bs81.pdf>. Acesso em: 23 out. 2016b.

BARBOSA, Cláudio R. **Propriedade Intelectual:** Introdução à propriedade Intelectual como Informação. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

BARBOSA, Denis Borges. **Tratado da Propriedade Intelectual.** Tomo 1. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2013.

BRASIL, **Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 06 set. 2017.

DANIEL, Denis Allan. **Litígios envolvendo o conjunto-imagem ("trade dress") no Brasil**: A área nebulosa de proteção da Propriedade Intelectual (PI). Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: < http://www.daniel.adv.br/port/articlespublications/denisdaniel/trade_dress.pdf >. Acesso em: 24 out. 2016.

JABUR, Wilson Pinheiro. Nome de domínio: novo sinal distintivo? In: SANTOS, Manuel J. Pereira dos; JABUR, Wilson Pinheiro (Coord.). **Sinais distintivos e tutela judicial e administrativa.** São Paulo: Saraiva, 2007.

LEONARDOS, Gabriel Francisco. A proteção ao nome empresarial. In: SANTOS, Manuel J. Pereira dos; JABUR, Wilson Pinheiro (Coord.). **Sinais distintivos e tutela judicial e administrativa.** São Paulo: Saraiva, 2007.

MINADA, Luciana Yumi Hiane. **O instituto do *trade dress* no Brasil**: a eficácia da repressão à concorrência desleal enquanto mecanismo de proteção. Disponível em: <https://www.kasznarleonardos.com.br/files/artluciana-trade-dress.pdf>. Acesso em: 22 out. 2016.

NEGRÃO, Ricardo. **Manual de Direito Comercial e de Empresa.** v. 1. 5 e.d. São Paulo: Saraiva, 2007.

PAESANI, Liliane Minardi. **Manuel de Propriedade Intelectual.** 2 e.d. São Paulo: Atlas, 2015.

SCHMIDT, Lélio Denicoli. Princípios Aplicáveis aos sinais distintivos. In: SANTOS, Manuel J. Pereira dos; JABUR, Wilson Pinheiro (Coord.). **Sinais distintivos e tutela judicial e administrativa.** São Paulo: Saraiva, 2007.

TEXEIRA, Cassiano Ricardo Golos. **Concorrência Desleal:** *trade dress.* Revista Eletrônica do IBPI, 2017.

XAVIER, Vinícius de Almeida Xavier. **As possibilidade de proteção ao *trade dress.*** Direito & Justiça. Porto Alegre, 2015. Disponível em: < http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fadir/article/viewFile/13642/13341>. Acesso em: 22 out. 2016.

6 TERMO DE RESPONSABILIDADE

As autoras, Samanta Calegari e Simone Gasperin de Albuquerque, se responsabilizam pelo conteúdo do artigo.

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Engenharia Agrícola

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POR MEIO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL

Willian Jair Kuhn
Raquel Paula Lorensi
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
willian.kuhn1@hotmail.com; raquelorensi@uricer.edu.br

Amanda Avozani
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
amandaavozani_dda@hotmail.com

Jardes Bragagnolo
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
jardesb@yahoo.com.br

Mateus Dalla Vecchia
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
mateus_dallavecchia@yahoo.com.br

Anderson Jacob Alberti
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
ande7934@hotmail.com

Gleison Yuri Dias
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
geison_psar@yahoo.com.br

Resumo: Para que um sistema de irrigação seja eficiente se faz necessário que este apresente alta uniformidade de aplicação de água, o que leva à necessidade de verificação a eficiência através de avaliações periódicas, com a finalidade de observar se as condições de operação e desempenho previstas inicialmente durante a fase de projeto se confirmam em campo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) de distribuição de água para irrigação por aspersão convencional. Foram realizados dois testes de avaliações sendo um dos testes com apenas 1 aspersor, o qual ocupa 900 m² de área irrigada. Já outro teste utilizou 4 aspersores com área irrigada de 216 m² ou seja, somente a sobreposição entre eles. Além da avaliação do CUC, foi observado outros elementos como: a pressão de serviço (PS), o espaçamento entre linhas laterais e aspersores, diâmetro da tubulação e dos bocais. O modelo de aspersor testado foi o MIDI 360º da marca Fabrimar. Os resultados mostraram que para o teste com 1 aspersor, apenas uma avaliação apresentou CUC acima do mínimo. Já para o teste com 4 aspersores nenhuma das avaliações apresentaram o CUC superior ao mínimo. Estes resultados estão relacionados à incidência de vento durante a realização das avaliações, bem como diâmetro e espaçamento não condizente ao aspersor.

Palavras-chave: *eficiência, coeficiente de uniformidade de Christiansen, incidência de vento.*

1. INTRODUÇÃO

O uso da água na agricultura representa, a nível mundial, cerca de 70% de toda a água doce, enquanto a indústria utiliza 23% e o abastecimento humano 7% (Santos, 1998). Isto demonstra a necessidade dos irrigantes, seus principais usuários, em usá-la com a maior eficiência possível, face às reservas de água utilizáveis estar cada vez mais escassas, especialmente nas regiões onde são mal distribuídas temporalmente.

A irrigação é uma técnica milenar que tem como finalidade disponibilizar água às plantas para que estas possam produzir de forma adequada, e fazendo com que as plantas se tornem mais uniformes. As técnicas de irrigação vêm

sendo muito aprimoradas, pois, quanto mais eficiente o sistema de irrigação menor será o seu consumo de água, luz e outros fatores que fazem com que aumentem os custos de sua implantação, e muitas vezes não se tornarem viáveis.

Para que um sistema de irrigação seja eficiente se faz necessário que este apresente alta uniformidade de aplicação de água, o que leva à necessidade da verificação a eficiência através de avaliações periódicas, com a finalidade de observar se as condições de operação e desempenho previstas inicialmente durante a fase de projeto se confirmam em campo (Campêlo et al., 2014). Porém, os irrigantes não costumam realizar tais práticas e acabam não utilizando da forma adequada a tecnologia que lhes é disponibilizada, por falta de conhecimento e até mesmo por falta de orientação técnica (Silva e Silva, 2005).

O sistema de irrigação por aspersão vem crescendo significativamente em regiões com relevo mais acentuado, onde dificulta a montagem de pivôs de irrigação (Stone, 2016). Conforme o autor, a irrigação vem como um dos fatores principais na produção agrícola, pois com ela está se obtendo produções mais significativas, mas para isso a irrigação deve ser planejada e dimensionada, para atender as necessidades da cultura.

Para que não haja perdas neste sistema a montagem deve ser feita de forma eficiente, pois o fator água, que é considerado o mais importante para que o sistema funcione, pois sem este fator não dá para se realizar uma irrigação eficiente. A água está se tornando cada vez mais escassa, por diversos fatores, entre eles a qualidade a ser utilizada (Silva et al., 2016).

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

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o coeficiente de uniformidade de distribuição de água num projeto de irrigação por aspersão convencional na Estação Experimental da URI Campus II de Erechim, RS.

2. Material e Métodos

2.1 Localização

O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental de Irrigação Por Aspersão Convencional do Departamento de Ciências Agrárias, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Erechim, RS, que está localizada em uma altitude de 711 m e, coordenadas geográficas de 27°36’42”S e 52°13’53”W. O referido trabalho conduzido durante 4 meses.

2.2 *Layout* do sistema de irrigação

Os testes do CUC foram realizados de duas formas. Uma delas, os copos medidores foram distribuídos dentro da área dos 4 aspersores, obtendo assim a sobreposição. O *layout* do sistema com 4 aspersores (Figura 1a), possui uma área irrigada de 216 m^2, ou seja, apenas onde havia sobreposição (Figura 1b). Seu funcionamento caracterizou com um aspersor por linha lateral instalando-se a 1,5 m de altura e operando simultaneamente. O desnível geométrico entre a primeira e a última linha lateral foi de 2 m.

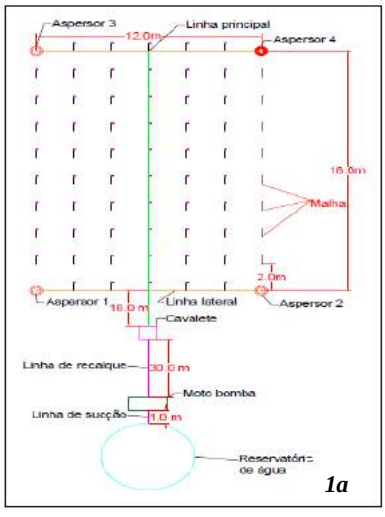


Figura 1 - *Layout* do sistema de irrigação ***(a)*** e área com a malha ***(b)*** de copos dentro da área de 4 aspersores com espaçamento de 12x18m na Estação Experimental de Irrigação Por Aspersão Convencional- URI, Erechim, RS.

O segundo teste foi com apenas 1 aspersor no sistema. O layout com 1 aspersor apresentou área irrigada de 900 m^2 (Figura 2a). Foi disposta a malha com os copos medidores ao redor do aspersor (Figura 2b). O seu funcionamento caracterizou-se com um aspersor implantado em uma das linhas laterais do sistema instalado a 1,5 m de altura (Figura 2b).

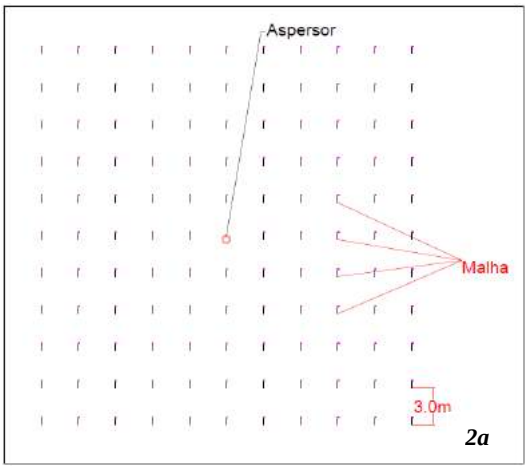


Figura 2 - *Layout* do sistema de irrigação *(2a)* com espaçamento de 12x18m entre aspersores e a malha de copos ao redor do aspersor com espaçamento de 3x3m *(2b)* com espaçamento de 12x18m na Estação Experimental de Irrigação Por Aspersão Convencional- URI, Erechim, RS.

Foi usado diâmetro de bocal de 6,4 x 3,2 mm com vazão do aspersor variando de 3,08 a 3,64 $m^3\ h^{-1}$ na pressão de serviço (PS) de 25 a 35 m.c.a. Estes dados são do aspersor modelo MIDI 360° da marca Fabrimar (2016) com espaçamento entre aspersor e linha lateral de 12x18m, respectivamente. Para cada teste foi computado 1 hora.

Os diâmetros das linhas de sucção, recalque, principal e lateral foram de 50 mm, totalizando 109 m.

Para realizar este trabalho foi usado o coeficiente de Christiansen (CUC), que é considerado por muitos autores o principal parâmetro para descrever a uniformidade de irrigação. Diante disso, a equação 1 descreve o CUC, a qual analisa a eficiência de um sistema de irrigação.

$$CUC = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} \left| x_i - \bar{x} \right|}{n * \bar{x}} \right] \quad (1)$$

CUC= Coeficiente de uniformidade de Christiansen, %; x_i = precipitação obtida no coletor de ordem *i* (ml); $\bar{X} =$ precipitação média dos coletores (ml); n= número de amostras coletadas.

Foram realizadas as coletas da quantidade de água (mL) e da pressão de serviço no ponto mais baixo e mais alto dentro da área irrigada. Depois de coletados esses dados, em campo, foi possível avaliar o CUC do sistema. O acionamento do conjunto moto bomba ocorreu por meio de energia elétrica trifásica.

Para a irrigação usou-se água superficial, a qual foi feito o pedido de outorga, do direito de uso da água, junto ao DRH/ SEMA. Este pedido foi realizado por meio de um trabalho de graduação do curso de Agronomia da URI/Erechim no corrente ano, obtendo-se o número de protocolo n°2017/006.182.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados a seguir (Tabela 1) contemplam os resultados obtidos durante o período de testes, com o aspersor MIDI 360°.

Como pode se observar na Tabela 1, para a metodologia com 1 aspersor obteve-se três leituras. Destas três leituras a que obteve melhor desempenho, ou seja, apresentou um CUC próximo do mínimo, CUC 80%, foi o terceiro teste com um CUC 83% no dia 22/04/2017. Este resultado vai ao encontro de Cristhiansen (1942), Keller e Bliesner (1990), Bernardo (1995); Frizzone e Dorado Neto (2003); Mantovani et al., (2009); onde a maior parte das irrigações por aspersão requer um CUC com valor mínimo de 80% para ser considerado aceitável, porém para culturas com pastagens, valores de CUC acima de 75% são satisfatórios (Martín-Benito, 1995).

Tabela 1- Dados obtidos em campo durante o período de testes do CUC com o aspersor MIDI 360º.

Data	Hora		Vel. Vento (m/s)	P.S.* Aspersor (mca)	P.S*. (MB) (mca)	Diâmetro do bocal (mm)	Nº de aspersores	Nº de coletores	CUC (%)
	Início	Final							
11/04/17	14:25	15:25	2,9	34,6	41	6,4 x 3,2	1	64	73
18/04/17	08:43	09:43	1,0	34,6	41	6,4 x 3,2	1	64	77
22/04/17	07:34	08:34	0,0	34,6	41	6,4 x 3,2	1	64	83
10/05/17	12:15	13:15	2,1	29,6	36	6,4 x 3,2	4	70	70
10/05/17	13:57	14:57	1,9	29,6	36	6,4 x 3,2	4	70	59
10/05/17	15:28	16:28	1,4	29,6	36	6,4 x 3,2	4	70	59

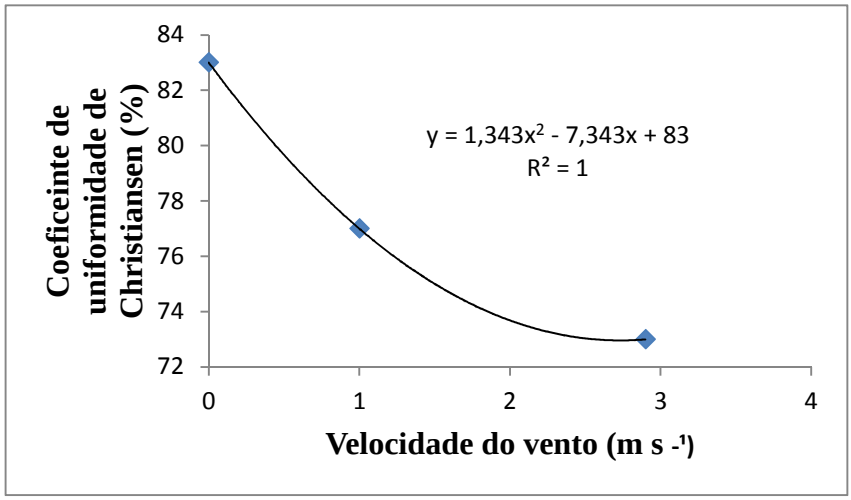
*PS= Pressão de serviço *CUC= Coeficiente de uniformidade de Christiansen

Para o teste com 1 aspersor realizado no dia 22/04/2017 no início da manhã em uma situação sem registro de vento (0 m s-1) foi verificado um CUC de 83%, enquanto que nos outros dois testes os coeficientes ficaram abaixo do mínimo, ou seja, apresentaram coeficiente de 73% e 77% para velocidade do vento de 2,9 e 1,0 m s^{-1}, respectivamente (Tabela 1). Segundo a Escala de Beaufort (1805), a velocidade do vento ficou entre calmaria e aragem, ou seja, variou de 0,0 a 2,9 m s^{-1}. Diante disso, os resultados mostraram que a velocidade do vento foi um dos fatores que interferiu diretamente para a diminuição do coeficiente, ou seja, quanto maior a velocidade do vento menor o CUC (Gráfico 1).

Mas, outros fatores podem ter influenciado para um coeficiente abaixo do mínimo como, por exemplo, o diâmetro da tubulação da linha lateral, a qual deveria ser 32 mm e foi utilizado 50 mm

O resultado do gráfico 1 vai ao encontro de Azevedo et al. (2000), os quais encontraram que a velocidade do vento é um dos principais fatores que influenciam na uniformidade de aplicação de um sistema de irrigação por aspersão convencional, ou seja, quanto maior o vento menor o CUC. Estes dados apresentaram resultado de um ajuste matemático polinomial de segunda ordem, apresentando um R^2 de 1,00.

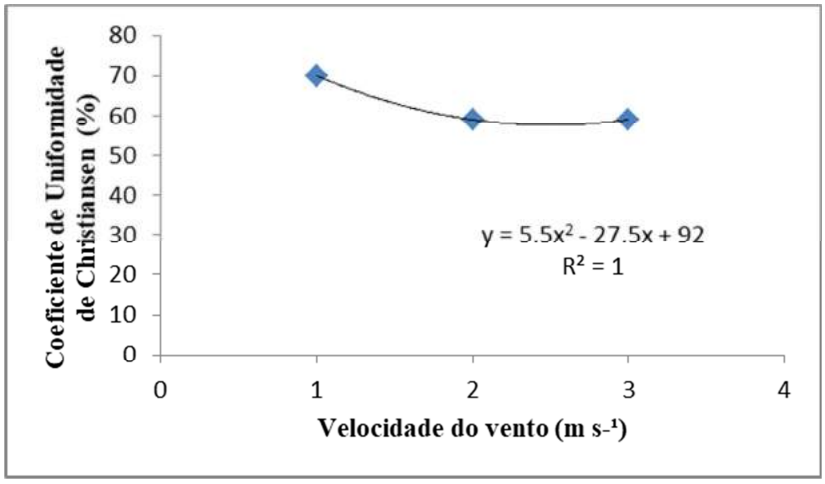
Gráfico 1 - Relação entre CUC (%) versus velocidade do vento (m s^{-1}), para 1 aspersor na estação experimental de irrigação por aspersão convencional.



Ainda sobre o teste com 1 aspersor observou-se que o sistema apresenta equilíbrio das pressões (Tabela 1). A pressão de serviço ficou com 34,6 m.c.a, ou seja, ficou dentro da faixa apresentada pelo fabricante no catálogo do aspersor, ou seja, apesentou pressão de 30 a 35 m.c.a. Conforme o catálogo o diâmetro irrigado do aspersor vai depender diretamente da pressão encontrada no aspersor, pois quanto maior for a pressão de serviço maior será a área irrigada pelo mesmo. Diante disso, o processo de distribuição de água no sistema de irrigação por aspersão depende principalmente do perfil de distribuição de água do aspersor, que é determinado pelo tipo de aspersor, tipo e número de bocais e pela pressão de serviço do aspersor; do layout dos aspersores, referente à forma de distribuição dos aspersores em campo e ao espaçamento entre aspersores; e da velocidade e direção do vento, sendo este fator o que mais influência na distorção da uniformidade de distribuição, tendo papel importante nas perdas por evaporação e arraste pelo vento durante a aplicação.

Em relação ao teste com 4 aspersores, foram realizados seis avaliações e percebeu-se que em todas o CUC ficou abaixo do mínimo (Tabela 1). Nenhuma avaliação ficou com um CUC acima de 80%, pois a incidência de vento (Gráfico 2), diâmetro da tubulação e espaçamento entre aspersores influenciaram diretamente no resultado do CUC, conforme descrito acima. Estes dados apresentaram resultado de um ajuste matemático polinomial de primeira ordem, apresentando um R^2 de 1,00.

Gráfico 2 - Relação entre CUC (%) versus velocidade do vento (m s^{-1}) para 4 aspersores na estação experimental de irrigação por aspersão convencional.



O outro fator que pode ter interferência direta no resultados do CUC, do teste com 4 aspersores, é o espaçamento entre aspersores. Neste trabalho usou-se o espaçamento de 12x18m. Este espaçamento foi usado devido a realização da montagem da tubulação antes da compra do aspersor, mas conforme calculado no projeto o espaçamento correto para este aspersor seria 18x18m.

Observa-se ainda, na tabela 1, a desuniformidade da pressão, ou seja, variou de 24,6 a 29,6 m.c.a, mas ficando dentro da faixa indicada pelo fabricante. Este resultado pode ter ocorrido devido a condição topográfica do terreno (2 metros de desnível) e pelas perdas de carga ocorridas no sistema. Esta variação de pressão, aliada à das dimensões dos bocais dos aspersores, provocaram variação de vazão de 3,08 $m^3 h^{-1}$ a 3,64 $m^3 h^{-1}$ referente ao catálogo do aspersor .

4. CONCLUSÃO

a) Conclui-se que o coeficiente de uniformidade de Christiansen para 1 aspersor obteve-se apenas uma avaliação acima de mínimo necessário, e o coeficiente de Christiansen para 4 aspersores, nenhuma avaliação apresentou o CUC mínimo.

b) Recomenda-se para os próximos trabalhos a substituição do diâmetro da tubulação da linha lateral de 50 para 32 mm, conforme foi calculado no projeto, e utilizar espaçamento entre aspersor, conforme recomendado em catálogos dos fabricantes.

5. REFERÊNCIAS

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

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

Christiansen J. E. (1942). Irrigation by sprinkling. Berkeley, University of California. 124p. (BULL, 670).

FABRIMAR. IRRIGAÇÃO. Disponível em: <http://www.fabrimar.com.br/arquivos /produtos/993/fabrimar(993) _manual_tabela-de-desempenho-midi.pdf>. Acesso em: 04 de nov. de 2016.

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

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

Frizzone J.A.; e Dourado Neto D. (2003). Avaliação de sistemas de irrigação. In: Jarbas Honório de Miranda & Regina Célia de Matos Pires (Eds.). Irrigação. Piracicaba, FUNEP. Vol. 2. 703p. (Série Engenharia Agrícola).

Keller J & Bliesner R.D. (1990). Sprinkle and trickle irrigation. New York, Van Nostrand Reinhold. 652p. Mantovani, E. C.; Bernardo, S.; e Palaretti, L.F. Irrigação: princípios e métodos. 3. ed. atual. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 355p.

Martín-Benito J.M. T (1995). El riego por aspersión y su tecnología. Madri: Mundi-Prensa. 491p.

Merrian J.L.; Keller J. (1978). Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Logan, Utah State University. 271p

Silva, V. P. da; Folegatti, M.V.; Duarte, S.N. irrigação por aspersão e localizada. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/curso1.htm>. Acesso em: 21 de nov. 2016.

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

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

Santos, R. A.; Hernandez, F. B. T.; Ferreira, E. J. S.; Vanzela, L. S.; e Lima, R. C. Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em sub-superfície instalado na cultura de pupunheiras (*Bactris gasipaes* H. B. K.). In: Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola, 32, 2003, Goiânia. Acesso em: 23 jun. 2017.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE MUDAS DE ERVA-MATE SOB DIFERENTES TAXAS DE REPOSIÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO

Mateus da Silva
Raquel Paula Lorensi
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
msmateus@live.com; raquelorensi@uricer.edu.br

Amanda Avozani
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim – RS
amanadaavozani_dda@hotmail.com

Sergio Henrique Mosele
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
msergio@uri.com.br

Leandro de Mello Pinto
engleandropinto@gmail.com

***Resumo**: O presente trabalho tem o intuito de avaliar a eficiência no uso da água em mudas de erva mate dentro de estufa sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. O estudo foi realizado em ambiente protegido na área experimental da URI-Campus II, Erechim/RS. As mudas foram adquiridas no comércio local com aproximadamente 45 dias. A cultivar usada foi Cambona 4. A área do experimento possui 42,5 m². O balanço hídrico foi calculado por meio da evapotranspiração potencial (ETP). O coeficiente da cultura (Kc) usado foi o inicial. O sistema de irrigação usado foi o gotejamento. As variáveis analisadas foram: altura e diâmetro do caule e número de folhas. As medições foram realizadas quinzenalmente. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Os tratamentos compreenderam diferentes taxas de reposição da evapotranspiração da cultura (ETc): T1_50, T2_100, T3_150 e T4_200%. Os resultados apresentaram que aos 156 dias a lâmina de 200% da ETc apresentou diâmetro e quantidade de folhas maiores que as demais lâminas estudadas, porém não havendo diferença estatística. Já os resultados relacionados à altura do caule, percebeu-se que houve diferença estatística no período de 156 dias, aonde a lâmina de 200% da ETc sobrelevou em relação às restantes das lâminas estudadas.*

***Palavras-chave:** balanço hídrico, coeficiente de cultivo, gotejamento,*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os sistemas de produção de erva-mate no Brasil têm pouco aporte tecnológico em comparação com outras culturas, independentemente de ser nativo ou plantado. Aspectos como qualidade genética, proteção vegetal, nutrição, época de plantio e/ou colheitas, por exemplo, são pouco levados em conta pelos produtores (Goulart e Penteado, 2016).

Em relação ao ambiente, é importante ressaltar que a atividade do extrativismo ervateiro pode ser considerada como uma das responsáveis pela manutenção de grande parte dos fragmentos florestais ainda existentes na Floresta de Araucária e pela conservação de genótipos de *Ilex paraguariensis*. Não fosse o fato de alguns produtores exagerarem nos sistemas de poda dos ervais nativos, a exploração da erva-mate nativa seria a atividade extrativa mais sustentável do País. Vale dizer, também, que os sistemas de produção da erva-mate cultivada são do ponto de vista ambiental, um dos que menos utilizam produtos químicos (EMBRAPA, 2014).

Segundo Pires et al. (2009) o manejo adequado da irrigação constitui-se em fator preponderante para elevar ao máximo a produtividade, e a eficácia no uso de água minimizando os custos de implantação dos sistemas de irrigação, tornando a atividade mais lucrativa.

Ribeiro et al. (2010) diz que um dos sistemas mais apropriados e em notável expansão é o sistema de irrigação por gotejamento. Esse sistema apresenta vantagens como a economia de água e energia, possibilidade de automação

e fertirrigação das áreas cultivadas, de suma importância para agricultura brasileira, por viabilizar a irrigação para diversas culturas, entre as quais se destacam as frutíferas e olerícolas.

Cunha et al. (2011) defendem que as anomalias climáticas mais conhecidas e de maior impacto são as relacionadas com o regime de chuvas, embora o regime térmico também possa ser modificado. De modo geral, as anomalias de chuva relacionadas com El Niño e com La Niña atingem as mesmas regiões nos mesmos períodos do ano (ou um pouco defasados), ou seja, naquelas regiões onde em anos de El Niño há excesso de chuvas, nos anos de La Niña pode ocorrer seca.

Segundo as interferências destas anomalias IBGE (2012) e UFSCAR (2016), apresentam que quanto maior a disponibilidade hídrica, maior o crescimento vegetativo da erva mate.

Diante disso, busca-se neste trabalho avaliar o desenvolvimento vegetativo das mudas de erva-mate Cambona 4 sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração em ambiente protegido.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado em ambiente protegido na área de estufas do Departamento de Ciências Agrárias, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus II, Erechim - RS, que está localizada em uma altitude de 760 m e, coordenadas geográficas de 27°37’46”S e 52°16’33”W.

As mudas de erva mate foram adquiridas no comércio local com aproximadamente 45 dias. Para cada muda usou-se vasos com capacidade é 17,2 L de substrato com área de 0,061m². Além do substrato de mata usou-se adubação química. Os vasos foram dispostos em 4 linhas tendo cada uma delas 8,67 m de extensão. Com 1,04m entre linhas e 0,75 m entre os gotejadores. Cada linha continha 10 vasos. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação do tipo arco, com área total de 125m², com pé direito de 4 metros de altura, coberta com agrofilme de 150 micras de espessura. Já a área do experimento foi de 39,71 m². Usou-se a cultivar Cambona 4. O experimento teve duração de 156 dias.

No estudo utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Os tratamentos foram: T1-50%, T2-100%, T3-150% e T4-200% da Evapotranspiração da cultura (ETc).

O balanço hídrico para a cultura da erva-mate foi calculado por meio da evapotranspiração potencial (ETP) citado por Matzenauer et al., (2011) e o valor do coeficiente de cultivo (Kc), proposto por Sato et al., (2007). A ETc foi calculada por meio da equação 1.

$$ETc = ETP \times Kc \quad (1)$$

ETc = Evapotranspiração da cultura (mm d^{-1}); ETP = Evapotranspiração Potencial (mm d^{-1}); Kc = Coeficiente da cultura do café (adm).

A irrigação utilizada foi gotejamento superficial, sendo usado gotejador acoplado em mangueira de polietileno, com espaçamento de 0,75 m e vazão correspondente a 2 $L.h^{-1}$.

O cálculo do tempo de irrigação (Ti) foi realizado por meio da equação 2:

$$Ti = (ETc*A*60)/q \quad (2)$$

Ti = Tempo de irrigação (min.); 60 = Conversão ($h.min^{-1}$); q = Vazão do emissor ($L.h^{-1}$).

A irrigação foi realizada diariamente. Foi avaliado a altura e o diâmetro do caule (cm), bem como o número total de folhas por planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste F ($p \leq 0,05$) sendo usado o programa estatístico ASSISTAT, Versão 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016). Para a análise de regressão das variáveis determinadas e o procedimento de ajustamento de curva de resposta foram realizados por meio do software Minitab 16.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 refere-se à altura das mudas de erva mate para o período de 156 dias. Percebeu-se que houve diferença significativa, ou seja, a lâmina de 200% da ETc se destacou apresentando maior desenvolvimento em relação à lâmina de 50%. As demais lâminas (100% e 150%) não diferiram entre si.

Tabela 1. Altura das mudas de erva mate para as quarto taxas da ETc durante período de 156 dias Campus II/URI Erechim – RS, 2017

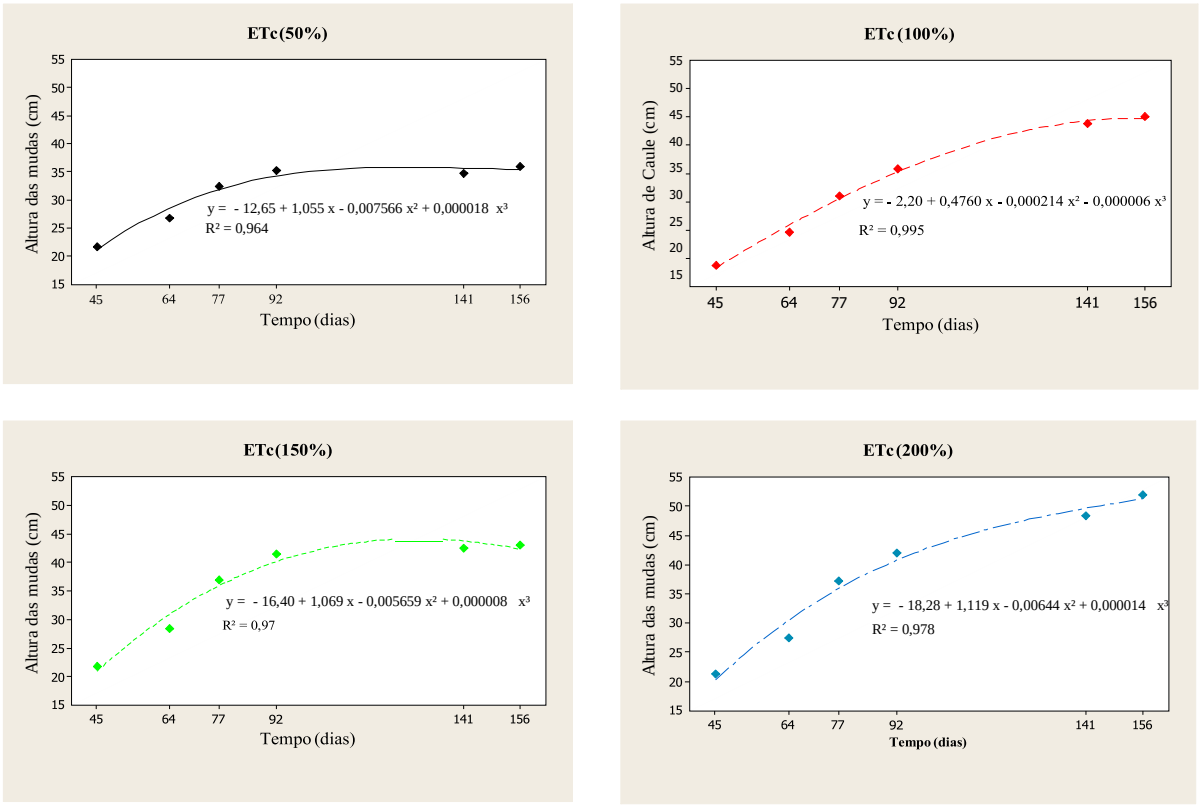
Altura das mudas (cm)						
	Dias					
Tratamentos	45	64	77	92	141	156
50% da ETc	22,79 a	28,55 a	33,41	35,96 a	37,78 a	38,71 b
100% da ETc	20,18 a	25,16 a	30,16 a	33,92 a	41,14 a	43,17 ab
150% da Etc	23,46 a	29,83 a	36,24 a	39,33 a	44,87 a	46,14 ab
200% da Etc	21,06	27,31 a	36,31 a	41,15 a	50,60 a	54,74 a
CV	34,30	29,65	28,41	28,22	27,47	27,85

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na figura 1 foi possível observar que a lâmina de 50% da ETc obteve crescimento assim como as demais lâminas, porém com uma menor intensidade, definindo-se como a menor taxa de reposição da ETc. Este tratamento apresentou uma equação cúbica apresentando um R² de 0,964. Considerando a parte da figura compreendida pela semirreta formada pelas três últimas coletas (92, 141 e 156), se elenca para uma possível estabilização nas taxas de crescimento das mudas, sendo que os pontos compreendidos entre os 45 a 92 dias demonstra o período de maior desenvolvimento do fator em análise.

Para a lâmina de 100% da ETc, a equação que melhor se ajustou foi a polinomial cúbica (Figura 1) apresentando um R² de 0,995.

Figura 1 - Altura das mudas de erva mate para as quatro taxas da ETc durante o período de 156 dias Campus II/ URI, Erechim – RS, 2017.



Observou-se uma análise comparativa entre as lâminas de 50% e 100% da ETc. Ocorreu uma semelhança de comportamento entre elas, sendo que ambas se encaminham para uma possível estabilização dos dados, ou seja, a lâmina de 50% foi possível notar que a curva de regressão começa a se estabilizar aos 92 dias. Já para a lâmina de 100% esta estabilização se inicia aos 141 dias.

Para a lâmina de 150% da ETc, a equação que melhor se ajustou também foi a polinomial cúbica (Figura 1) com um R² de 0,970. Esta lâmina, comparada com a de 50%, foi possível visualizar semelhança entre elas, ou seja, ambas apresentaram estabilidade posterior aos 92 dias, com o contraponto de que os valores analisados para a

formação da lâmina de 100% são maiores que a de 50%, ou seja, compreendeu uma taxa de reposição três vezes menor.

Para a lâmina de 200% a equação que melhor se ajustou também foi a polinomial cúbica com R^2 de 0,978. Diante disso, foi possível observar uma semelhança com a lâmina de 100% da ETc, ou seja, uma contínua ascendência até os 92 dias, sendo que ambas se diferenciaram entre si posterior a este período. Sendo que a lâmina de 100% ocorreu uma estabilização e a de 200%, apresentou continuidade em sua ascendência positiva. Cabe ainda ressaltar que as mudas de erva-mate para a lâmina de 200% apresentou o terceiro menor valor aos 45 dias (Tabela 2), e chegou aos 156 dias com o maior valor, gerando assim uma diferença de 7 cm, em relação a segunda maior altura de caule, e um crescimento de mais de 30 cm nos 111 dias que decorreu da coleta dos dados.

Na tabela 2 apresentam-se os valores do monitoramento do diâmetro de caule. Percebeu-se que aos 64 dias as lâminas de 150% e 200% de ETc apresentaram diferenciação estatística, sendo que a lâmina de 200% apresentou menor valor. Cabe aqui ressaltar que na efetuação desta medição, se substituiu as amostras com numeração 8 e 16, devido ataque de pragas que acarretou morte das amostras. Esta praga foi constatada como lagarta da erva-mate, onde a mesma decapitou a planta próxima ao solo. Para a mesma tabela, aos 141 dias a diferenciação estatística se deu entre os tratamentos de 200% e 50% de ETc, sendo que, assim como esta diferença se elenca ao exposto na figura 2, que trata de que quanto maior a quantidade de água disponível maior o desenvolvimento da planta.

Tabela 2. Diâmetro de caule para as quarto taxas da ETc durante o período de 156 dias Campus II/URI-Erechim –RS, 2017.

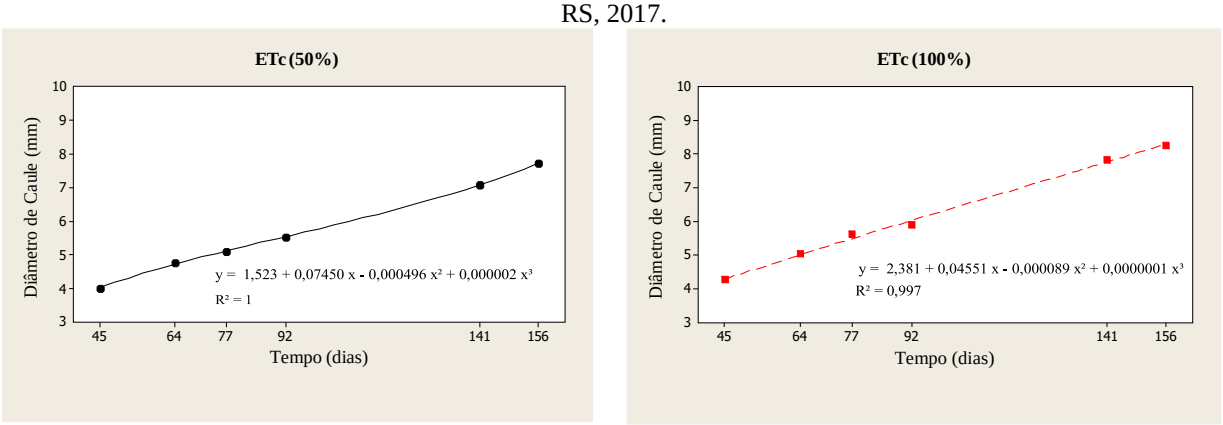
Diâmetro de caule (mm)						
	Dias					
Tratamentos	45	64	77	92	141	156
50%	4,016 a	4,764 ab	5,091 a	5,527 a	7,090 b	7,708 a
100%	4,248 a	5,013 ab	5,595 a	5,871 a	7,830 ab	8,258 a
150%	4,784 a	5.855 a	6,084 a	6,722 a	8,269 ab	9,067 a
200%	4,504 a	4,628 b	5,760 a	6,317 a	9,068 a	9,391 a
CV	21,26	18,66	19,44	19,66	19,51	18,23

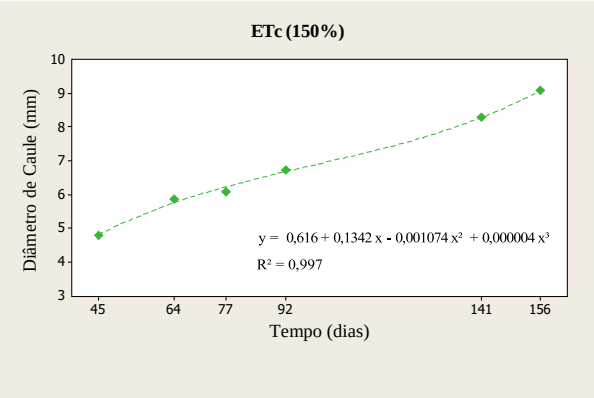
Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

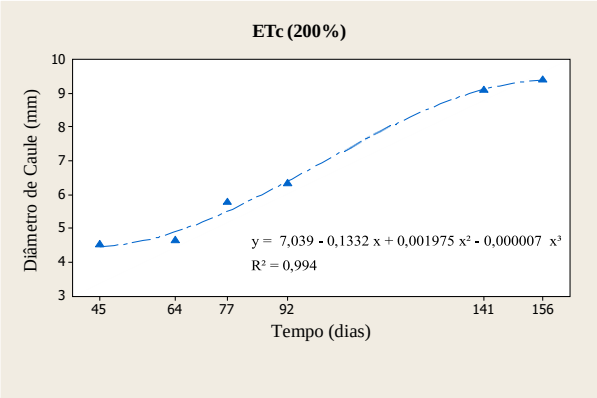
Na figura 2 a lâmina de 200% aos 141 dias (Tabela 2) alcançou o maior diâmetro de caule, superando a lâmina de 150%, que aos 45 dias, era o tratamento que apresentava o maior diâmetro de caule. Aos 64 dias a lâmina de 50% superou a lâmina de 200% (Tabela 2). Isso se deve em virtude do tratamento com a maior taxa de reposição permanecer bem próxima nas duas primeiras medições. Sendo que na terceira medição, aos 77 dias, o tratamento em questão teve um desenvolvimento considerável e relativamente alto em relação aos demais tratamentos.

Ainda na figura 2 observou-se que para todas as lâminas estudas utilizou-se a curva de regressão cúbica diferenciando apenas o R2. A lâmina de 50% apresentou um R2=1. Já a lâmina de 100% e 150% apresentaram valores de R^2= 0,997. E a lâmina 200% apresentou um R^2=0,994.

Figura 2 - Diâmetro do caule para as quatro taxas da ETc durante o período de 156 dias, Campus II/URI-Erechim – RS, 2017.







Na tabela 3 apresentam-se os resultados referentes ao número de folhas. Percebeu-se que entre 64 a 92 dias as mudas de erva-mate da lâmina de 150% apresentou diferença significativa em relação à lâmina de 100%. Ressaltando que, nas demais lâminas, não houve diferenciação estatística. Posteriormente aos 92 dias a lâmina de 200% houve uma recuperação. Esta recuperação, foi nítida aos 156 dias e, está ligada ao desaparecimento do fungo *Cylindrocladium pathulatum*. Este fungo origina a doença conhecida como mancha das folhas, que acarreta a aparição de lesões foliares escuras, circulares no interior ou nas bordas dos limbos e queda prematura de folhas adultas. Sendo que os fatores que auxiliaram para a aparição do mesmo foi o excesso de umidade e sombreamento (Cavararo et al, 2014).

Tabela 3. Número de folhas das mudas de erva mate para as quarto taxas da ETc durante o período de 156 dias CampusII/URI-Erechim –RS, 2017.

Número de folhas						
	Dias					
Tratamentos	45	64	77	92	141	156
50%	24,2 a	40,6 ab	34,2 ab	36,2 ab	35,7 a	33,7 a
100%	17,1 a	27,5 b	25,3 b	26,0 b	30,4 a	30,7 a
150%	23,7 a	49,0 a	44,7 a	45,3 a	45,0 a	47,1 a
200%	22,2 a	34,6 ab	37,0 ab	39,1 ab	40,1 a	51,4 a
CV	39,99	35,59	39,73	38,85	40,71	47,44

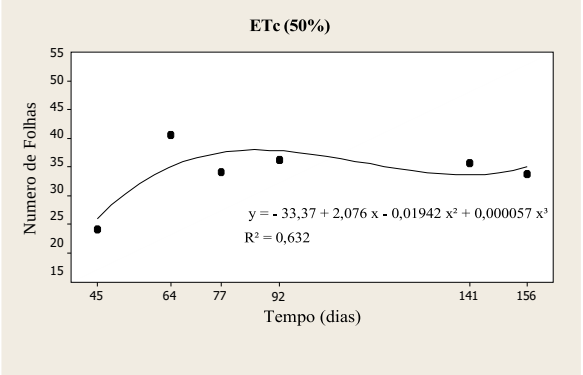
Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

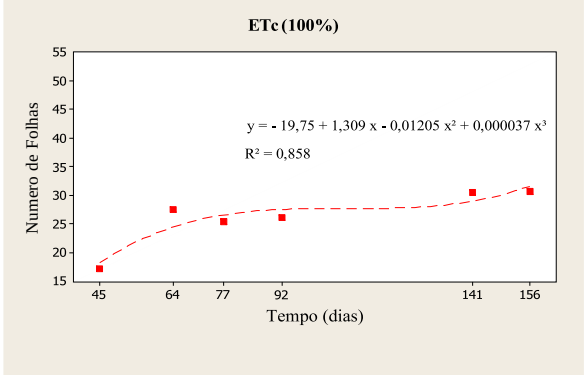
Na figura 3, denota-se que há uma grande dificuldade em estabelecer um padrão entre as amostras realizadas nos diferentes períodos. Um dos motivos que pode ter acarretado essa desuniformidade foi o surgindo do fungo (*Cylindrocladium Spathulatum*), tendo por resposta da planta a queda das folhas infectadas.

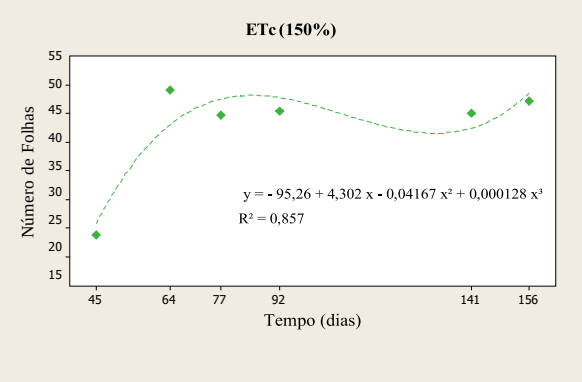
Ainda na figura 3 observou-se o detalhamento do número de folhas para as lâminas de 50%; 100%; 150% e 200% da ETc. Para todas as lâminas estudadas foi usada a equação de regressão cúbica que apresentou um R² de 0,632; 0,858; 0857; 0,994, respectivamente.

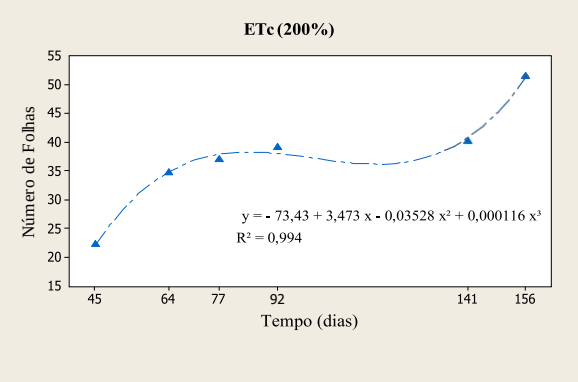
O tratamento com lâmina de 200% da ETc foi o que mais sofreu influência do fungo *Cylindrocladium pathulatum*, onde aos 156 dias a lâmina apresentou o maior número de folhas. Mas, em análise aos demais valores coletados no período de 45 a 141 dias a lâmina que apresentou o maior número de folhas foi a de 150% da ETc.

Figura 3 - Comparação entre o número de folhas versus tempo para cada taxa de reposição (ETc) na área de estufas e área de produção experimental da URI- Campus II, Erechim – RS, 2017.









4. CONCLUSÃO

(a) Em relação à quantidade de folhas e diâmetro de caule aos 156 dias, a lâmina de 200% da ETc apresentou diâmetro e quantidade de folhas maiores que as demais lâminas estudadas, porém não havendo diferença estatística.

(b) Já em relação à altura do caule, percebeu-se que houve diferença estatística no período de 156 dias, onde a lâmina de 200% sobrelevou em relação às restantes das lâminas estudadas.

5. REFERÊNCIAS

Silva, F. de A. S. e Azevedo, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. Afr. J. Agric. Res, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522.

Cunha, G. R.; Pires, J. L. F.; Dalmago, G. A.; Santi, A.; Pasinato, A.; Silva, A. A. G.; Assad, E. D.; e Rosa, C. M. El Niño/La Niña - Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. Revista Plantio Direto, edição 121, 2011. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS.

EMBRAPA - Empresa Florestas. PODA em ervais plantados a pleno sol: erva-mate. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003096/poda-em-ervais-plantados-a-pleno-sol-erva-mate>. Acesso em: 21 fev. 2017.

Goulart, I. C. G. dos R.; e Penteado Junior, J. F. Erva 20: sistema de produção de erva-mate. Curitiba 2016. p. 44-47. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1060805/erva-20-sistema-de-producao-de-erva-mate>. Acesso em: 21 fev. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Rio de Janeiro, 25 (2): 1-88. 2012.

Matzenauer, R.; Radin, B.; e Almeida, I. R. de (Ed.). Atlas Climático: Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura Pecuária e Agronegócio; Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), 2011.

Monte J. A. Manejo de irrigação na cultura do tomateiro em campo, na região de Seropédica, RJ. Rio de Janeiro – 2007.

Pires, R. C. M.; Furlani, P. R.; Sakai, E.; Lourenção, A. L.; Silva, E. A.; Torre neto, A.; e Melo, A. M. T. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa. Revista Horticultura Brasileira, v. 27, n. 2, p. 228- 234, 2009.

Ribeiro, P. A. A.; Coelho, R. D.; e Teixeira M. B. Entupimento de tubos gotejadores convencionais com aplicação de Cloreto de potássio (branco e vermelho) via duas qualidades de Água. Revista Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.30, n.2, p.279-287, 2010.

Sato, F A; Silva, A. M. Da; Coelho, G.; Silva, A. C. Da; e Carvalho, L. G. de. Coeficiente de cultura (kc) do cafeeiro (coffea arabica L.) no período de outono-inverno na região de Lavras – MG. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.2, p.383-391, 2007.

UFSCAR, ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE VALPARAÍSO – RIDESA, disponível em: <http://www.udop.com.br/download/estatistica/chuvas/1992a2016_historico_chuva_ridesa.pdf>. Acesso em: 07 set. 2016.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO PARA O GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS

Ariel Paulo Nava
Leandro de Mello Pinto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
Universidade Federal de Santa Maria; Av. Roraima, nº 1000; Santa Maria; Rio Grande do Sul; Brasil
ari.nava@yahoo.com.br
leandro.m.pinto@ufsm.br

Resumo. *O GPS (Sistema de Posicionamento Global) é um instrumento de posicionamento utilizado para a obtenção de coordenadas geográficas em tempo real. Com o avanço e a popularização dessa tecnologia, ela vem sendo utilizada em vários setores como agricultura de precisão, demarcação de áreas, controle de frotas, georreferenciamento de imóveis rurais, etc. Juntamente com a tecnologia GPS, surgiram diversos métodos de sua utilização e entender e diferenciar esses métodos influencia na tomada de decisão na hora de investir nessa tecnologia amplamente utilizada. O trabalho objetivou avaliar as precisões de dois métodos de posicionamento: o método Relativo Estático (RE), onde o usuário precisa ter conhecimento e acesso à programas específicos pagos e o método do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) onde não há necessidade de recursos computacionais. Para isso, foram coletados 25 pontos que perfazem os limites do Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, localizado no município de Erechim/RS. Para isso foi utilizado um receptor GPS de dupla frequência da marca SOUTH, modelo S86S. Após análise, verificou–se que, quanto à precisão posicional dos pontos, o método Relativo Estático mostrou–se 64,6% mais preciso em comparação ao método do Posicionamento por Ponto Preciso, com um tempo de rastreio entre 10 e 15 minutos, utilizando uma base a 65 km de distância e 96,0% dos pontos processados por esse método se enquadraram na norma para georreferenciamento de imóveis rurais contra somente 20,0% do método PPP.*

Palavras-chave: *GNSS, PPP, relativo estático, precisão*

1. INTRODUÇÃO

O Georreferenciamento Nacional de Imóveis Rurais é um sistema de informações descritivas e cartográficas a respeito de imóveis rurais. Faz parte do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR), criado pela Lei Federal 10.267/2001, que propõe a unificação das informações dos registros de imóveis rurais dos Estados e Municípios com as do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA (INCRA, 2015)

O objetivo maior é criar uma base única de dados sobre a ocupação do território brasileiro, tornando as informações acessíveis aos Órgãos Públicos e aos cidadãos. O Cadastro de Imóveis Rurais é um instrumento eficaz para o planejamento e implementação de políticas públicas direcionadas à Reforma Agrária e às atividades agrícolas e permite a atuação segura do Estado nas questões fundiárias e socioambientais (INCRA, 2015).

O georreferenciamento consiste na determinação dos limites do imóvel através de coordenadas georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro. Estas coordenadas devem ter precisão posicional fixada pelo INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Nos termos do artigo 176, item 3, da Lei n°. 6.015/73, a identificação do imóvel rural objeto de desmembramento, parcelamento, remembramento ou de qualquer hipótese de transferência deverá ser obtida a partir do memorial descritivo, formado por profissional habilitado e com a devida Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, com as coordenadas dos vértices definidores dos limites do imóvel, georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e com precisão posicional a ser fixada pelo INCRA, que certificará que o imóvel não se sobrepõe a qualquer outro imóvel do seu cadastro georreferenciado (Ramon, 2015).

A metodologia a ser utilizada na coleta das informações sobre as características físicas dos imóveis é o georreferenciamento apoiado na Rede Geodésica Brasileira, seu acervo é compartilhado por Instituições Públicas e pelos Registros Imobiliários, servindo para melhor definição de divisas municipais, de perímetro urbano e áreas que requerem proteção especial (INCRA, 2015)

O objetivo do trabalho foi comparar diferentes métodos de processamento de coordenadas obtidas com GNSS para realizar o georreferenciamento do Campus 2 da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, conforme a 3º Edição da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

O trabalho foi realizado no Campus II da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, no município de Erechim – RS de coordenadas geográficas centrais latitude –27,63° e longitude –52,27° (IBGE, 2010), de altitude média de 783 m acima do nível do mar. O georreferenciamento de imóveis rurais consiste, no levantamento das coordenadas dos limites da propriedade, portanto foram definidos todos os vértices do Campus II da URI Erechim, conforme a Fig. 1. Para a visualização prévia dos pontos a serem levantados foi utilizado o programa Google Earth Pro.

Figura 1. Imagem aérea e limites da área de estudo (Google Earth, 2017)

2.2 Coleta dos dados

O Levantamento dos vértices foi realizado de acordo com a Norma Técnica de Posicionamento. Foi utilizado um receptor GNSS Geodésico de dupla frequência (L1/L2), da Marca South S86S, foi utilizado um tempo de rastreio entre 10 e 15 minutos por vértice, dependendo do grau de cobertura vegetal, num total de 25 pontos. Foi utilizada uma máscara de eleveção de 15º e uma taxa de gravação de 5 segundos. Antes de processar os dados pelos diferentes métodos é necessário a conversão dos mesmos do seu formato de origem do GNSS, para o formato RINEX (Receiver Independent Excharge Format), o qual é o formato utilizado para integrar dados receptores de diferentes fabricantes. A ferramenta utilizada para a conversão foi o programa ToRinex.

2.3 Processamento dos dados através do método do PPP

Com os dados convertidos e compactados no formato zip, acessa–se a página do serviço (http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm), e realiza-se o seguinte procedimento: i) selecionar a pasta compactada com os arquivos RINEX; ii) selecionar o modelo de antena, no caso o utilizado foi o STHS86_7224V3.1; iii) inserir um e–mail válido e iv) clicar em processar. Os demais campos devem ficar inalterados para o levantamento utilizado no trabalho. O resultado do processamento é fornecido minutos após o envio, dependendo do número de pontos a serem processados, e são disponibilizados, para download, no rodapé da página, nos formatos kml e pdf. Juntamente com as coordenadas dos pontos, são informados os desvios padrão de cada componente posicional (latitude, longitude e altitude) que serão utilizados posteriormente como base de comparação da precisão.

2.4 Processamento dos dados através do método Relativo Estático

O processamento dos pontos pelo método relativo foi realizado utilizando o software TopconTools. Para a correção dos pontos se faz necessário a utilização de uma base RBMC, pois foi utilizado somente um receptor. A base escolhida foi determinada pela menor distância do experimento até a mais próxima, então a opção mais indicada foi a base SCCH, localizada no município Chapecó/SC, disposta a uma distância de, aproximadamente, 65 km, em linha reta, do ponto de

estudo. Assim como no método PPP, o processamento pelo software TopconTools fornece os desvios padrão de cada componente posicional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Método do posicionamento por ponto preciso

A Fig. 2 mostra a variação da precisão (sigma) obtida nos 25 pontos para o método do PPP. A linha horizontal (0,5 m) é o limite estabelecido pela norma técnica.

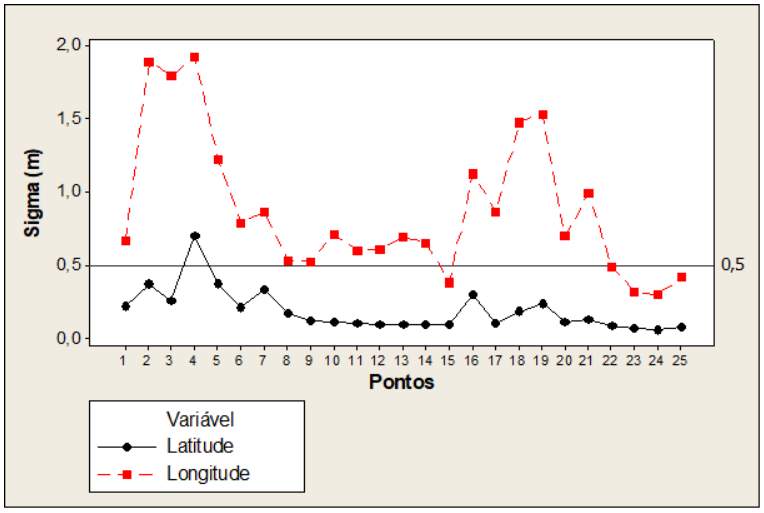


Figura 2. Dispersão da precisão dos pontos pelo método do PPP

Podemos observar na Fig. 2 que a média da precisão da latitude é 78,6% maior do que a longitude. Valores semelhantes foram encontrados em Neves (2015) e Rigo (2016) onde a diferença da precisão encontrada entre latitude e longitude foi de 68,9 e 73,7%, respectivamente. Quanto à precisão posicional estabelecida pela Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, 20 dos 25 pontos (80%) não obtiveram a precisão esperada menor de 0,5 m.

3.2 Método relativo estático

A Fig. 3 mostra a variação da precisão (sigma) obtida nos 25 pontos para o método do RE. A linha horizontal (0,5 m) é o limite estabelecido pela norma técnica.

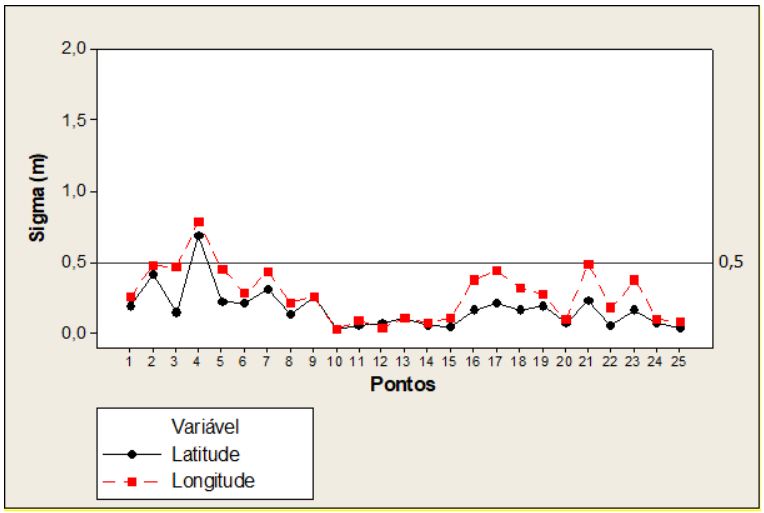


Figura 3. Dispersão da precisão dos pontos pelo método do RE

Pode-se observar na Fig. 3 que a média da precisão da latitude 37,4% maior do que a longitude. Valores semelhantes foram encontrados em Neves (2015), onde a diferença da precisão encontrada entre latitude e longitude foi de 46,9%.

Quanto à precisão posicional estabelecida pela Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, somente 1 dos 25 pontos (4%) não obtiveram a precisão esperada menor de 0,5 m.

3.3 Comparação entre os métodos

A Fig. 4 mostra a dispersão da precisão (σp) dos dois métodos para fins de comparação.

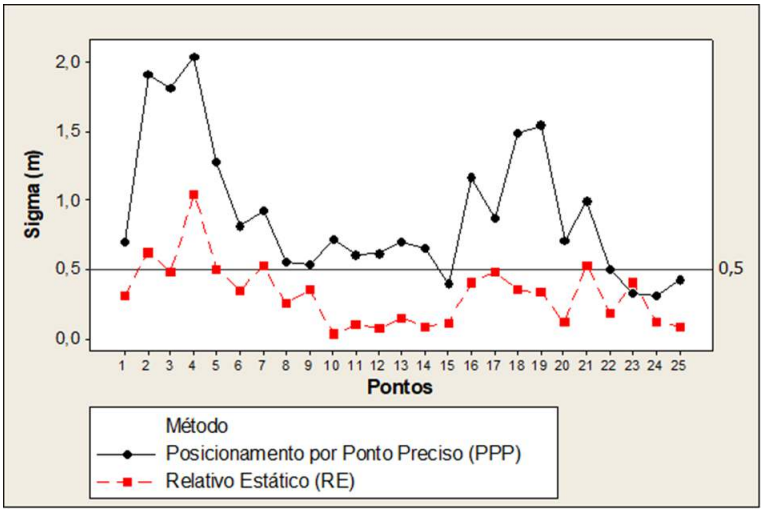


Figura 4. Dispersão da precisão dos pontos para os dois métodos

A Fig. 4 mostra a grande vantagem que o método Relativo Estático apresenta em relação ao PPP, onde 20 pontos ficaram fora da norma, enquanto o RE apresentou somente 4 pontos acima de 0,50 m, isso pode ser explicado devido ao método de correção dos pontos onde o RE se utiliza, além dos satélites, de uma base da RBMC, enquanto o PPP utiliza somente os satélites para a correção das coordenadas.

Foi realizada análise de variância ao nível de confiança de 95% para verificar se existem diferenças significativas entre as precisões (σp) obtidas pelos métodos Relativo Estático e Posicionamento por Ponto Preciso.

A Tab. 1 mostra a estatística descritiva dos dois métodos e o agrupamento segundo o teste de Tukey.

Tabela 1. Estatística descritiva para a precisão posicional (σp) entre os métodos

Método	Amostras	Média (m)	Desvio padrão (m)
Posicionamento por Ponto Preciso	25	0,9049 a	0,5052
Relativo Estático	25	0,3206 b	0,2317

Médias que não compartilham a mesma letra são significativamente diferentes a α = 0,05

Segundo a Tab. 1, os métodos são significativamente diferentes à um nível de confiança de 95%, apresentando uma diferença média absoluta de 0,58 metros, o que é considerada uma diferença bastante grande pois é maior que a tolerância de 0,50 metros imposta para os serviços de georreferenciamento de imóveis rurais.

4. CONCLUSÕES

A tecnologia GNSS veio para revolucionar os métodos de posicionamento, e é de grande importância ter o conhecimento das diferentes metodologias e alternativas dos métodos de posicionamento para cada situação. O método do Posicionamento por Ponto Preciso é uma boa alternativa pois não necessita de recursos computacionais enquanto, para o método Relativo Estático são necessários programas pagos.

A precisão da latitude foi 78,6% superior no método PPP e 37,4% no método RE, mostrando que mais estudos devem ser realizados para minimizar as diferenças entre as precisões de latitude (σφ) e longitude (σλ), que compõem a precisão posicional do ponto (σp). Valores semelhantes foram encontrados em Rigo (2016) e Neves (2015) onde a diferença foi de 73,7% e 46,9%, respectivamente.

Os métodos mostraram–se significativamente diferentes entre si, sendo que o método Relativo Estático apresentou uma precisão posicional (σp) 64,6% superior em relação ao PPP. Neves (2015) mostra uma diferença ainda maior, de 84,3%.

Quanto à Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais e a tolerância imposta pela mesma, de 0,50 m, o método Relativo Estático mostrou–se mais indicado pois 24 dos 25 pontos (96,0%) ficaram dentro da norma,

enquanto para o método do Posicionamento por Ponto Preciso somente 5 dos 25 pontos (20,0%) atenderam à norma, o que evidencia a vantagem de se utilizar programas para o processamento de pontos GPS, mesmo utilizando uma base de correção localizada a, aproximadamente, 65 km de distância entre o local do trabalho.

5. REFERÊNCIAS

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Manual do SIGEF. 2010. Disponível em https://sigef.incra.gov.br/ documentos/manual/. Acesso em: 04/11/2015.

NEVES, L. M. Precisão posicional de coordenadas obtidas por GNSS pelos métodos PPP e relativo. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim. 2015.

RAMON, A. L. Manual do Registro de Imóveis: Aspectos Práticos da Qualificação Registral. 1. ed. São José dos Campos, SP. Editora Crono, 2015. 504 p. I.S.B.N: 978– 85–68742–00–6.

RIGO, C. Comparação entre diferentes métodos de processamento para o cadastro de imóveis rurais utilizando os métodos de PPP e RE. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim. 2016.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA A OBTENÇÃO DA ALTIMETRIA DO TERRENO

Leandro de Mello Pinto
Adroaldo Dias Robaina
Márcia Xavier Peiter
Universidade Federal de Santa Maria
leandro.m.pinto@ufsm.br; robaina@smail.ufsm.br; mpeiter@smail.ufsm.br

Resumo. *A altitude do terreno, por muitas décadas, tem sido obtida, quase que exclusivamente por meio da topografia convencional. O avanço da tecnologia permitiu o desenvolvimento de missões espaciais e a criação de satélites artificiais, fazendo com que a ciência do Sensoriamento Remoto se expandisse de forma exponencial. O SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) e o ASTER GDEM (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) são programas espaciais que fornecem informações altimétricas de quase todo o globo terrestre. O programa Google Earth utiliza-se dessas informações e as disponibiliza para seus usuários de forma prática e rápida. Pela facilidade de acesso aos dados provenientes destas técnicas, muitos usuários os utilizam sem conhecer os problemas geométricos existentes nesses produtos, o que pode comprometer a qualidade dos resultados obtidos através dessas técnicas. Por esse motivo, há a necessidade de uma prévia avaliação para aferir a qualidade e a aplicabilidade de cada método. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi analisar a acurácia de três formas alternativas de obtenção de altitude: por SRTM, ASTER e Google Earth, comparando-os com a topografia convencional, por ser uma técnica bastante consolidada. Para isso, foi realizado um levantamento in situ, por topografia convencional, onde as altitudes dos pontos foram comparadas com as altitudes obtidas pelos três métodos analisados, resultando nas discrepâncias. Os resultados mostram que os dados provenientes do SRTM, fornecidos pela Embrapa Monitoramento por Satélite, através do Projeto Brasil em Relevo, são mais precisos do que os dados ASTER e Google Earth, na sequência.*

Palavras-chave: *Altitude, SRTM, ASTER, Google Earth, topografia.*

1. INTRODUÇÃO

Para o planejamento das obras de engenharia, é necessário que se tenha um mapa ou planta topográfica, que represente a área de interesse ao projeto, com informações adequadas e atualizadas. A representação da superfície topográfica de forma adequada permite a obtenção de diversas informações, tais como: a distância vertical entre pontos, a inclinação de taludes, a construção de perfis, intervisibilidade entre pontos, elementos para o cálculo de áreas e volumes, entre outras. Os recursos tecnológicos disponíveis à cartografia têm viabilizado avanços consideravelmente importantes, através, principalmente, dos softwares que permitem velocidade na obtenção de dados, na troca de informações espaciais e em sofisticadas análises dos fenômenos espaciais (Santos & Segantine, 2006). O advento da tecnologia moderna permitiu a criação de novos métodos de obtenção de dados altimétricos, possibilitando a confecção de modelos digitais de forma mais rápida, porém abrindo mão da precisão e da acurácia. A modelagem digital de terreno tem facilitado em muito os trabalhos cartográficos, contudo, há necessidade de se verificar a qualidade dos produtos obtidos, através da avaliação por métodos estatísticos. Ramirez & Ali (2003) apud Santos & Segantine (2006), relatam que a qualidade de dados espaciais é uma questão muito importante e complexa. Tradicionalmente, tanto produtores como usuários de dados espaciais reconhecem sua importância, mas dedicam poucos esforços para entender a qualidade dos dados espaciais e para a avaliação dos documentos cartográficos em meio analógico. A ausência de dados precisos implica no fornecimento de informações não confiáveis, que consequentemente irão gerar erros comprometedores à qualidade dos estudos, promovendo desperdícios de verbas destinadas às soluções de problemas. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi analisar a precisão de três formas alternativas de obtenção de altitude: por imagens SRTM, ASTER e Google Earth, comparando-as com a topografia convencional.

2. METODOLOGIA

2.1 Área experimental

Foi realizado um levantamento planialtimétrico a campo a partir da topografia convencional (levantamento in situ), para servir de base para a comparação aos levantamentos altimétricos oriundos de sensores orbitais como SRTM, ASTER e o programa Google Earth (levantamentos ex situ). Para cada ponto levantado a campo, foi obtida a informação altimétrica a partir dos métodos avaliados, permitindo a análise da acurácia das diferentes fontes. O levantamento foi realizado em uma área de lavoura, localizada em uma propriedade rural, no município de Santiago/RS, com uma área de 16 ha, conforme demonstrado pela Fig. 1.

Figura 1. Delimitação da área experimental

2.2 Obtenção de dados topográficos

Para a obtenção dos dados topográficos, foi realizado um levantamento planialtimétrico utilizando uma estação total. Para isso, foi implantada uma poligonal com 80 pontos. Para a obtenção das coordenadas horizontais, foi utilizado o método da poligonação e para a obtenção das altitudes dos pontos, foi utilizado o método do nivelamento trigonométrico. Para a demarcação dos pontos no terreno foram utilizadas de estacas de madeira de 25 cm, pintadas de branco. Os pontos foram regularmente espaçados, possibilitando-se obter informação altimétrica do terreno de 50 em 50 metros aproximadamente. Para calcular as coordenadas dos pontos é necessário obter o azimute do primeiro alinhamento. Para isso foram levantados dois pontos com um receptor GPS de dupla frequência, permitindo a obtenção do azimute da direção do ponto base ao primeiro ponto da poligonal. As coordenadas tridimensionais dos pontos rastreados foram corrigidas diferencialmente pelo método relativo estático, utilizando como base um marco da Rede Estadual GPS de Marcos Passivos, localizado no campus da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, na cidade de Santiago/RS. A correção diferencial dos pontos foi realizada pelo programa Leica Geo Office.

2.3 Obtenção de dados SRTM

Os dados de elevação banda C (k = 5,6 cm), oriundos da missão SRTM, com resolução espacial de 90 metros, foram adquiridos gratuitamente, em formato geotiff com unidade de altitude em metros, em Sistema de Coordenadas Geográficas e articulação à escala 1:250.000, Datum Horizontal WGS-84 (World Geodetic System 1984) e Datum Vertical EGM96 (Earth Gravitational Model 1996), junto ao Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), no âmbito da Coleção "Brasil em Relevo" (Fig. 2).

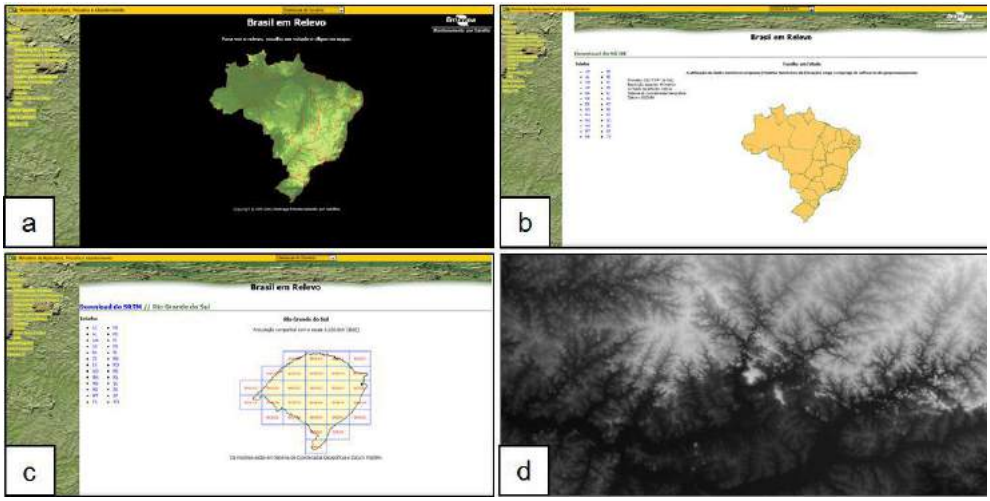


Figura 2. Site do projeto "Brasil em Relevo" (a, b e c) e imagem SRTM (d)

A Fig. 2 (a) mostra a página inicial do site do projeto Brasil em Relevo (www.relevobr.cnpm.embrapa), (b) permite a escolha do Estado que se encontra a imagem SRTM (www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download), (c) permite a seleção da quadrícula para o Estado do RS (www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/rs/rs), e (d) mostra uma imagem fornecida pelo site da Embrapa visualizada através do programa ArcGIS 9.3.

2.4 Obtenção de dados ASTER

Os dados de elevação provenientes do sensor ASTER, com resolução espacial de 30 metros, também foram adquiridos gratuitamente, em formato geotiff com unidade de altitude em metros, em Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum Horizontal WGS-84 (World Geodetic System 1984) e Datum Vertical EGM96 (Earth Gravitational Model 1996), foram obtidos através do site do ERSDAC (Earth Remote Sensing Data Analysis Center) (Fig. 3).

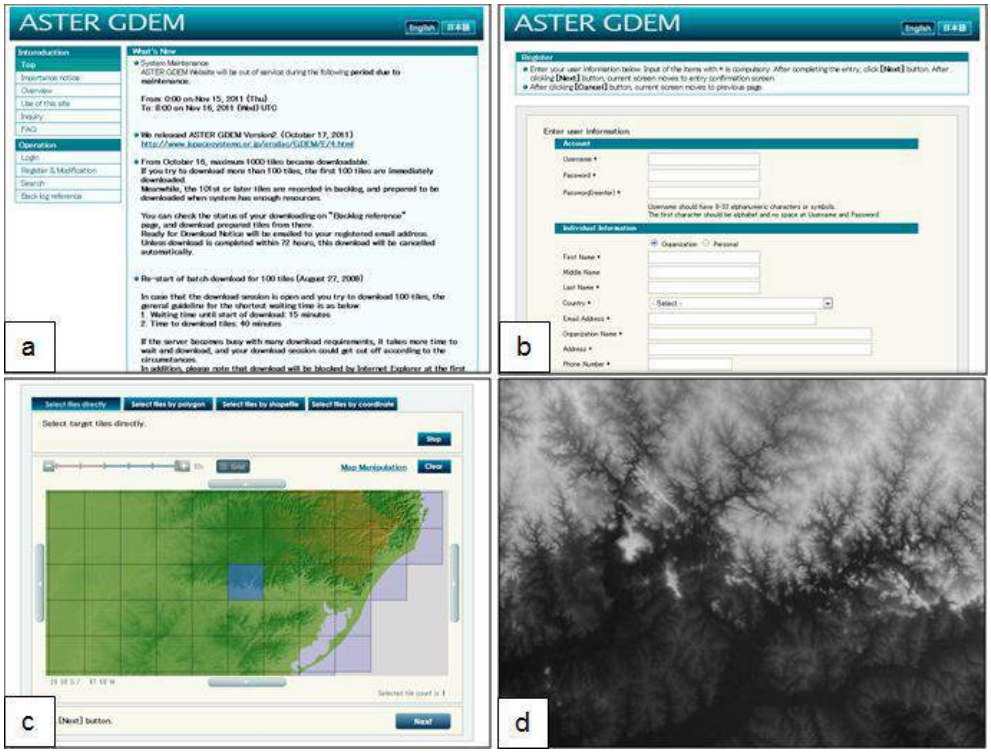


Figura 3. Site do ERSDAC (a, b e c) e imagem ASTER (d)

A Fig. 3 (a) mostra a página inicial do site do ERSDAC (www.gdem.aster.ersdac.or.jp), (b) permite o acesso ou cadastro no site para a obtenção das imagens (www.gdem.aster.ersdac.or.jp/register.jsp) e (c) permite a seleção da quadrícula que se encontra a imagem (www.gdem.aster.ersdac.or.jp/ search.jsp) e (d) mostra uma imagem fornecida pelo site do ERSDAC visualizada pelo programa ArcGIS 9.3.

2.5 Interpolação dos dados SRTM e ASTER

Como as informações altimétricas do SRTM são fornecidas de 90 em 90 m e as do ASTER de 30 em 30 m, foi necessário interpolar os dados para uma melhor representação altimétrica da área. Para isso, foi utilizada a técnica geoestatística da Krigagem, realizadas através da ferramenta Spatial Analyst Tools do programa ArcGIS 9.3.

2.6 Obtenção de dados Google Earth

Para a obtenção dos dados altimétricos dos pontos levantados a campo, foram inseridas, no programa Google Earth, as coordenadas de cada ponto coletado por topografia convencional. Como o Google Earth não informa o valor da altitude com casas decimais, ou seja, somente valores inteiros, obteve-se a informação altimétrica na unidade de medida pé (1 pé = 1200/3937 m), pois, desta forma, o programa informa a variação de altitude a cada, aproximadamente, 0,3 m ao invés de 1,0 m. Posteriormente, as unidades foram convertidas para a unidade métrica.

2.7 Análise Estatística

Para a análise estatística dos métodos estudados, foram realizadas as seguintes verificações: i) verificar se os métodos alternativos de levantamento altimétrico são significativamente diferentes do método tradicional da topografia e ii) verificar qual dos métodos alternativos apresentou menores discrepâncias em comparação ao método de referência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada a análise de variância para verificar se haviam diferenças significativas entre os métodos alternativos e o convencional ao nível de probabilidade de 5%. A Tab. 1 mostra a estatística descritiva e o agrupamento conforme o teste de Tukey. Os valores das médias foram calculados a partir das diferenças das altitudes encontradas pelos métodos avaliados em relação ao levantamento topográfico.

Tabela 1. Estatística descritiva e agrupamento dos métodos.

Métodos analisados	N° de amostras	Média (m)	Desvio padrão (m)
Topografia (referência)	80	0,000 a	0,000
SRTM	80	1,338 b	0,709
ASTER	80	2,160 c	1,795
Google Earth	80	2,247 c	0,927

Médias que não compartilham a mesma letra são significativamente diferentes a $\alpha = 0,05$.

A análise de variância detectou diferenças significativas entre os métodos analisados e o teste de Tukey agrupou-os de acordo com os contrastes das médias das discrepâncias dos métodos alternativos em relação ao levantamento de referência, como mostra a Tab. 1. Nenhum método foi estatisticamente igual ao de referência, mostrando porque a topografia clássica ainda é o método mais confiável para levantamentos altimétricos. Ainda segundo a Tab. 1 os dados SRTM mostraram maior precisão dentre os métodos alternativos, seguido pelo ASTER e Google Earth, apesar de que os dois últimos não apresentaram diferenças significativas entre si, porém os dados do sensor ASTER apresentou um desvio padrão maior sinalizando uma variabilidade maior do que os demais métodos o que é uma característica negativa para uma fonte de dados de natureza altimétrica. As Figuras 4, 5 e 6 representam os histogramas das discrepâncias para os dados SRTM, ASTER e Google Earth, respectivamente, em relação aos dados topográficos de referência.

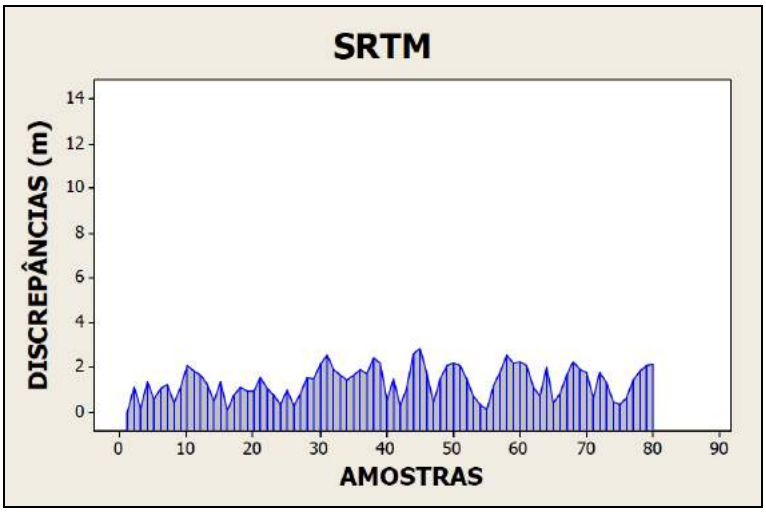


Figura 4. Histograma das discrepâncias dos dados SRTM

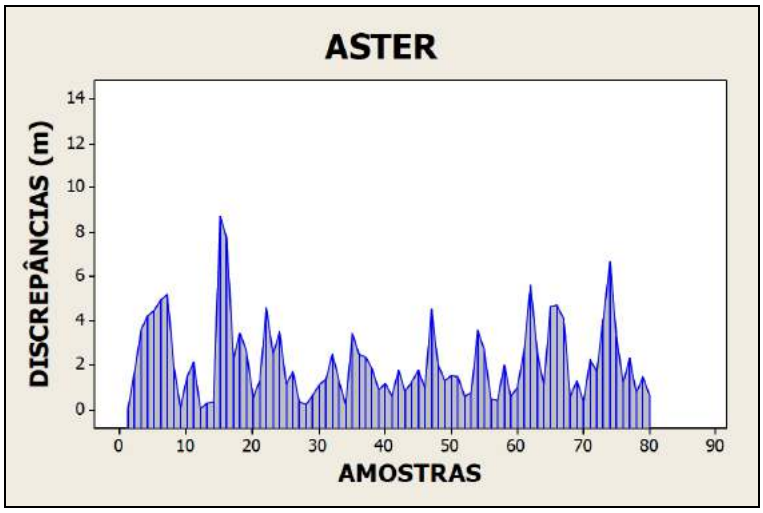


Figura 5. Histograma das discrepâncias dos dados ASTER

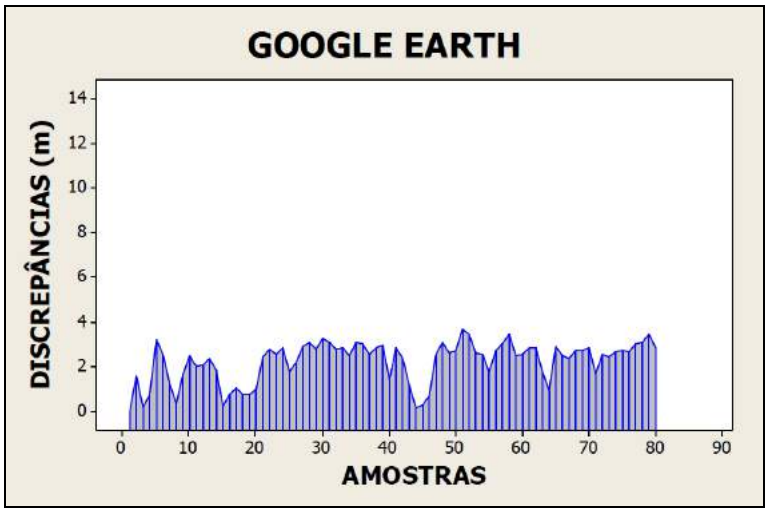


Figura 6. Histograma das discrepâncias dos dados Google Earth

De acordo com as Figuras 4, 5 e 6 pode-se perceber a diferença as discrepâncias dos métodos, sendo que o SRTM apresentou um valor máximo de 2,831 m, o ASTER 8,677 m e o Google Earth 3,707 m.

4. CONCLUSÕES

O advento de novas tecnologias permitiu o desenvolvimento de técnicas que necessitam de menos tempo a campo, ou muitas vezes nem há a necessidade de estar no local que se deseja obter informações. Porém há a necessidade de ter conhecimento da qualidade dessas fontes de dados, pois o seu uso sem uma prévia análise compromete os resultados dos trabalhos. Na análise da precisão dos métodos, os dados provenientes do SRTM apresentaram maior acurácia do que os dados ASTER e Google Earth o que pode ser explicado pela utilização dos dados SRTM corrigidos pelo projeto "Brasil em Relevo" da Embrapa Monitoramento por Satélite. Estatisticamente os dados ASTER e Google Earth não são significativamente diferentes, sendo que o ASTER apresentou uma precisão 4% melhor, porém a amplitude das discrepâncias apresentadas foram 63% maiores do que as do Google Earth, o que faz do Google Earth uma fonte mais confiável do que o ASTER. Nenhum dos métodos analisados é significativamente igual aos levantamentos realizados topografia convencional. Isso mostra que a obtenção de dados altimétricos por meio dessas técnicas ainda necessitam de aprimoramento para fornecerem dados mais confiáveis.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 13133 - Execução de Levantamento Topográfico. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. 1994. 35 p.

DUREN, R.; WWONG, E.; BRECKENRIDGE, B; SHAFFER, S; DUNCAN, C.; TUBBS, E.; SALOMON, P. Metrology, attitude and orbit determination for spaceborne interferometric synthetic aperture radar. AeroSense Conference on Aquisiten, Tracking and Pointing. XII. 1998.

MEDEIROS, L. C.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G. Avaliação da qualidade altimétrica dos modelos digitais de elevação obtidos a partir da missão SRTM e de curvas de nível do Mapeamento Sistemático Nacional na escala 1:100.000 para o Estado de Goiás e Distrito Federal. 2008

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 14 fev. 2012.

RIBAS, W. K. Os Limites Posicionais do Google Earth. Disponível em: <http://www.esteio.com.br> Acesso em 12 dez. 2011.

SANTOS, A.G.; SEGANTINE, P.C.L. Avaliação da Qualidade das Coordenadas geográficas de Mapas digitais. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - UFSC. Florianópolis, 15 a 19 de Outubro 2006.

TOMÁS, L. R.; OLIVEIRA, C. G.; FONSECA, L. M.; ALMEIDA, C. M. Avaliação da Acurácia de Modelos Digitais de Superfícies Gerados a partir de um Estereopar de imagens IKONOS. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1897-1903.

6. NOTA DE RESPONSABILIDAE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso nesse trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PEDIDO DE OUTORGA PARA AS ATIVIDADES DE HORTICULTURA, FRUTICULTURA E PULVERIZAÇÃO NO CAMPUS II DA URI ERECHIM, RS

Fernanda Fátima May
Raquel Paula Lorensi
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
fermay122@hotmail.com; raquelorensi@uricer.edu.br

Vanderlei Secretti Decian
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
vdecian@uricer.edu.br

Amanda Avozani
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
amandaavozani_dda@hotmail.com

Julio Cesar Brancher
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
juliobrancher@uricer.edu.br

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo solicitar o pedido de outorga, junto ao Departamento de Recursos Hídricos (DRH)/Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) para o uso de água no pomar, na horticultura e na pulverização agrícola no Campus II da URI Erechim, RS. Para a pulverização utilizou-se água no período de janeiro a dezembro, 3 dias para cada mês com 4 horas para as tarefas, apresentando vazão de 0,833 $m^3 h^{-1}$, enquanto que nos demais meses utilizou-se 0,42 m^3h^{-1}. Tanto na horticultura quanto no pomar utilizou a irrigação por gotejamento. Na horticultura, ambiente protegido, contabilizou-se todos os dias de cada período com tempo de 0,1667 h d^{-1} com vazão de até 0,00708 $m^3 h^{-1}$. Para a fruticultura, utilizou 2 gotejadores $planta^{-1}$ e a vazão n o mês de junho foi de 0,33 $m^3 h^{-1}$ e, para os demais meses foi de 1$m^3 h^{-1}$. Para o pedido de outorga descreveu-se os dados pessoais do outorgante com o preenchimento de cálculos baseados nas atividades do Campus. Os resultados mostraram que a pulverização usou um volume de 5 m^3 $mês^{-1}$ de março a novembro, enquanto que dezembro, janeiro e fevereiro dobrou o volume. Na horticultura o volume foi de até 0,0037 m^3 $mês^{-1}$. No pomar, em junho, o volume foi de 10 $m^3mês^{-1}$ e de agosto a dezembro foi de 30 $m^3mês^{-1}$. Referente ao pedido de outorga foi gerado o cadastro de uso de água n°2017/006.182, este pedido está em análise junto ao DRH/SEMA-RS.

Palavras-chave: *Uso da água, Monitoramento do volume, Culturas, recursos hídricos, vazão.*

1. INTRODUÇÃO

A outorga de Direito de Uso da Água, conforme a Lei Estadual nº 10.350/94 (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2017) instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, é um instrumento de gestão dos recursos hídricos que o Poder Público dispõe para autorizar, conceder ou permitir aos usuários a utilização desse bem público. Assegura que as atividades humanas se processem em um contexto de desenvolvimento sócio-econômico sustentado, assegurando a disponibilidade dos recursos hídricos aos seus usuários atuais e às gerações futuras, em padrões adequados de qualidade e quantidade, inclusive a manutenção da vida (Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2017).

Entretanto, segundo SEMA (2014), o usuário de água que possui outorga e que segue suas condições de uso e condicionantes tem grandes vantagens sobre os usuários que não a possuem, tais como: não será embargado e nem pagará multas, desde que seja detentor da outorga preventiva ou da outorga de direito de uso de recursos hídricos; em situações de estiagem, seu uso será garantido, exceto se houver usos mais nobres como consumo humano e dessedentação de animais; a outorga é pré-requisito para o licenciamento ambiental, certificação ambiental, conseguir

empréstimos bancários e, até mesmo, para instalação da rede elétrica de empreendimento que faz usos de recursos hídricos; em situações de conflito pelo uso da água, o usuário outorgado terá seus direitos preservados.

O órgão responsável pela emissão da Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos é o Departamento de Recursos Hídricos (DRH), para os usos que alteram as condições quantitativas das águas e, para os usos que alteram as condições qualitativas das águas, o órgão responsável pela emissão da Outorga é a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), SEMA (2014) que instituiu o sistema SIOUT (Sistema de Emissão de Outorga do Uso da água), de forma eletrônica, com base no projeto de irrigação do usuário/solicitante.

Diante do exposto acima, este trabalho tem o intuito de realizar o pedido de outorga, junto ao DRH/SEMA, para o uso da água nas atividades realizadas no Campus II da URI Erechim, RS como: agricultura, fruticultura e plasticultura.

2. METODOLOGIA

2.1 Local do estudo

O estudo foi desenvolvido na Área Experimental do Departamento de Ciências Agrárias, da Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Erechim, RS, que está localizada em uma altitude de 760 m e, coordenadas geográficas de 27°35’58”S e 52°20’1,5”W (Figura 1). O referido trabalho foi conduzido de fevereiro a junho de 2017.

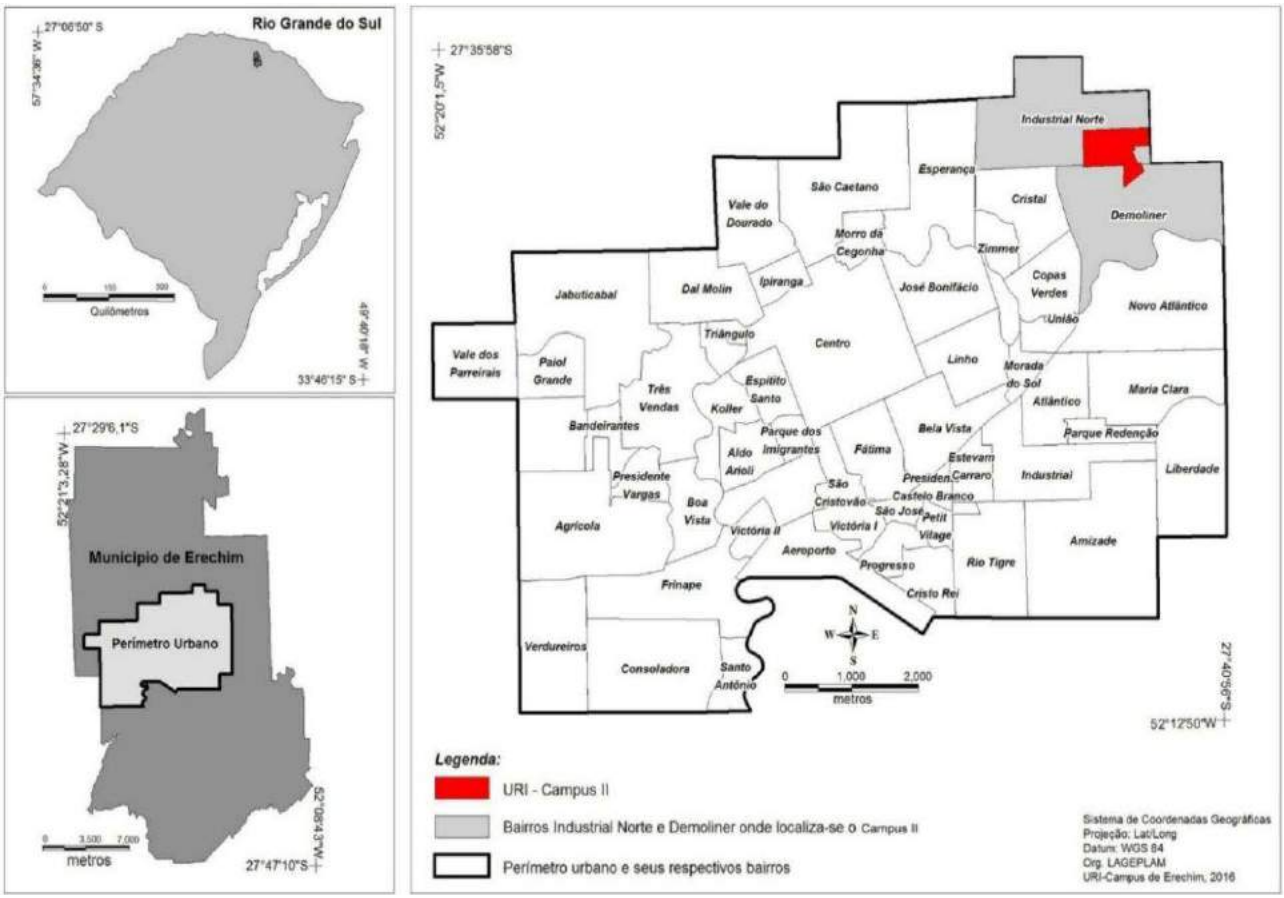


Figura 1- Localização do Campus II da URI Erechim, RS.
Fonte: Vanzetto, G: Decian, V. (2015).

Na figura 2, apresenta-se o mapa do Campus II da URI Erechim e as áreas onde se situam as atividades de agricultura, fruticultura e plasticultura e a nascente usada no estudo.

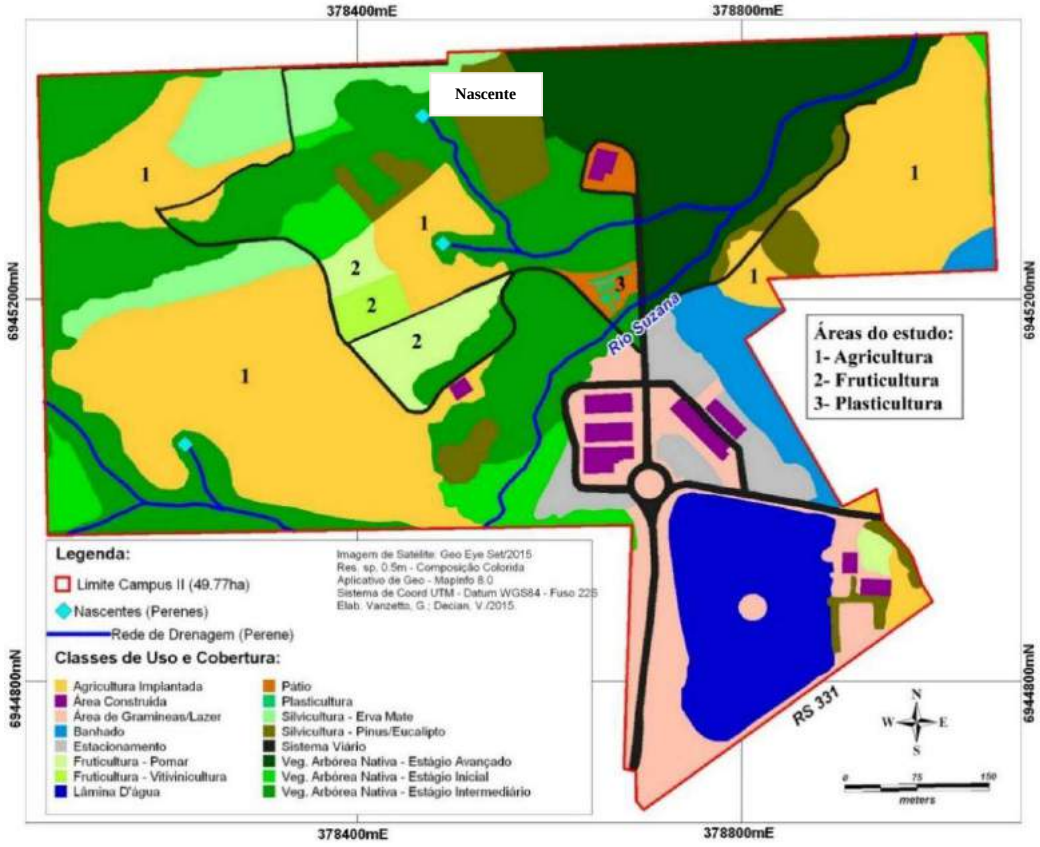


Figura 2: Mapa dos Usos e onde serão feitos os usos e manejo com a água da nascente.
Fonte: Vanzetto, G: Decian, V. (2015).

2.2 Uso da água e manejo na pulverização agrícola

Para a realização da pulverização nas culturas no Campus II foi utilizado água no período de janeiro a dezembro. Para dezembro e janeiro utilizou-se 3 dias para o uso de água, sendo 2 dias para a pulverização e 1 dia para a limpeza do pulverizador e demais equipamentos. Destes 3 dias foi usado apenas 4 horas para as tarefas com uma vazão de 0,833 $m^3.h^{-1}$ ou 833 $L.h^{-1}$, enquanto que nos demais meses usou-se 0,42 $m^3.h^{-1}$ ou 420 $L. h^{-1}$.

2.3 Caracterização e uso da água na horticultura/plasticultura

Na parte de horticultura/plasticultura do Campus encontram-se culturas irrigadas, tais como: morango, erva-mate e hortaliças. Já em ambiente desprotegido se cultiva plantas medicinais e outras hortaliças em pequena escala. Tanto dentro de estufa quanto fora, a irrigação utilizada é o gotejamento, sendo realizada diariamente dentro da estufa e, fora quando houver necessidade.

Para a irrigação nas culturas de morango e erva-mate dentro de estufa contabilizaram-se todos os dias de cada mês. Em relação ao tempo diário de irrigação foram contabilizados 0,1667 $m^3\ h^{-1}$ variando uma vazão de 0,00689 $m^3\ h^{-1}$ ou 6,89 $L\ h^{-1}$ a 0,00708 $m^3\ h^{-1}$ ou 7,08 $L\ h^{-1}$. Para as hortaliças e ervas medicinais, fora de estufa, somente ocorre irrigação para complementar a precipitação.

2.4 Caracterização e uso da água na fruticultura

O estudo foi realizado para uma possível ampliação do pomar. Diante disso, fez-se o pedido de outorga para um pomar de aproximadamente 1,4 hectares, composto por citros, pessegueiro e figueira. A irrigação é do tipo gotejamento. Esta irrigação corresponde 2 gotejadores por planta, totalizando 250 plantas. Cada gotejador possui uma vazão de 2 $L\ h^{-1}$. A vazão para o mês de junho foi de 0,33 $m^3\ h^{-1}$ ou 330 $L\ h^{-1}$ e para os demais foi de 1 $m^3\ h^{-1}$ ou 1000 $L\ h^{-1}$. Para a base de cálculo contabilizou-se uma média de 16 dias para cada mês com 2 horas por dia para a irrigação. A lâmina de água varia de acordo com o tipo de solo, fase de desenvolvimento da cultura e do clima.

2.5 Pedido de outorga

Para a realização do pedido de outorga, junto ao DRH/SEMA, usou-se o site SIOUT (http://www.siout.rs.gov.br) para preencher algumas informações tais como: identificação do usuário de água; endereço de correspondência; identificação da localização da intervenção; **p**roprietário da localização da intervenção; endereço de localização da intervenção; endereço de correspondência; identificação do ponto de intervenção; georreferenciamento da intervenção; geometrias adicionadas; quadro de vazão da intervenção (descrevendo dados pessoais do outorgante), e posterior o preenchimento dos cálculos baseado nos levantamentos da demanda de água nas atividades desenvolvidas no Campus II da URI.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados nas tabelas 1, 2 e 3 a seguir demonstram o volume de água usado para cada uma das três atividades desenvolvidas no Campus II da URI Erechim.

3.1 Volume de água para a pulverização

Para a atividade de pulverização na agricultura (Tabela 1) o volume calculado foi de 5 m^3 $mês^{-1}$ ou 5.000 L $mês^{-1}$ nos meses de menor atividade (março a novembro). Já para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro dobrou-se o volume, ou seja, 10 m^3 $mês^{-1}$ ou 10.000 L $mês^{-1}$, pois nestes meses há um maior número de pulverização nas culturas.

Tabela 1 - Volume em $m^3mês^{-1}$ para atividade de pulverização no Campus II da URI Erechim, RS

Período	Dias do mês	Horas do dia	Vazão (m^3 h^{-1})	Volume (m^3 $mês^{-1}$)
Jan, Fev. Dez.	3	4	0,8333	10
Mar. Abr. Mai. Jun. Jul. Agos. Set. Out. Nov.	3	4	0,4167	5

3.2 Volume de água para a horticultura

Para a atividade de horticultura/plasticultura (Tabela 2) o volume calculado foi de 0,033; 0,035 e 0,0037 m^3 $mês^{-1}$ ou 33; 35 e 37 m^3 $mês^{-1}$ durante 12 meses.

Tabela 2 - Volume em $m^3mês^{-1}$ para atividade de horticultura no Campus II da URI Erechim, RS

Período	Dias do mês	Horas do dia	Vazão (m^3 h^{-1})	Volume (m^3 $mês^{-1}$)
Janeiro	31	0,1667	0,00708	0,037
Fevereiro	28	0,1667	0,00708	0,0033
Março	31	0,1667	0,00708	0,0037
Abril	30	0,1667	0,00699	0,0035
Maio	31	0,1667	0,00708	0,0035
Junho	30	0,1667	0,00689	0,0035
Julho	31	0,1667	0,00708	0,0037
Agosto	31	0,1667	0,00708	0,0037
Setembro	30	0,1667	0,00689	0,0035
Outubro	31	0,1667	0,00708	0,0037
Novembro	30	0,1667	0,00689	0,0035
Dezembro	31	0,1667	0,00708	0,0035

3.3 Volume de água para a fruticultura

Para a atividade de fruticultura (Tabela 3) o volume calculado foi de 10 m^3 $mês^{-1}$ ou 10.000 L $mês^{-1}$ para o mês de junho e 30 m^3 $mês^{-1}$ ou 30.000L $mês^{-1}$ para os meses de julho a dezembro. No mês de junho apontou-se menor volume

devido à cultura do pêssego e do figo não requerer alta quantidade de água. Nos demais meses não se usou a irrigação, pois não havia nenhuma fase de desenvolvimento nas frutíferas.

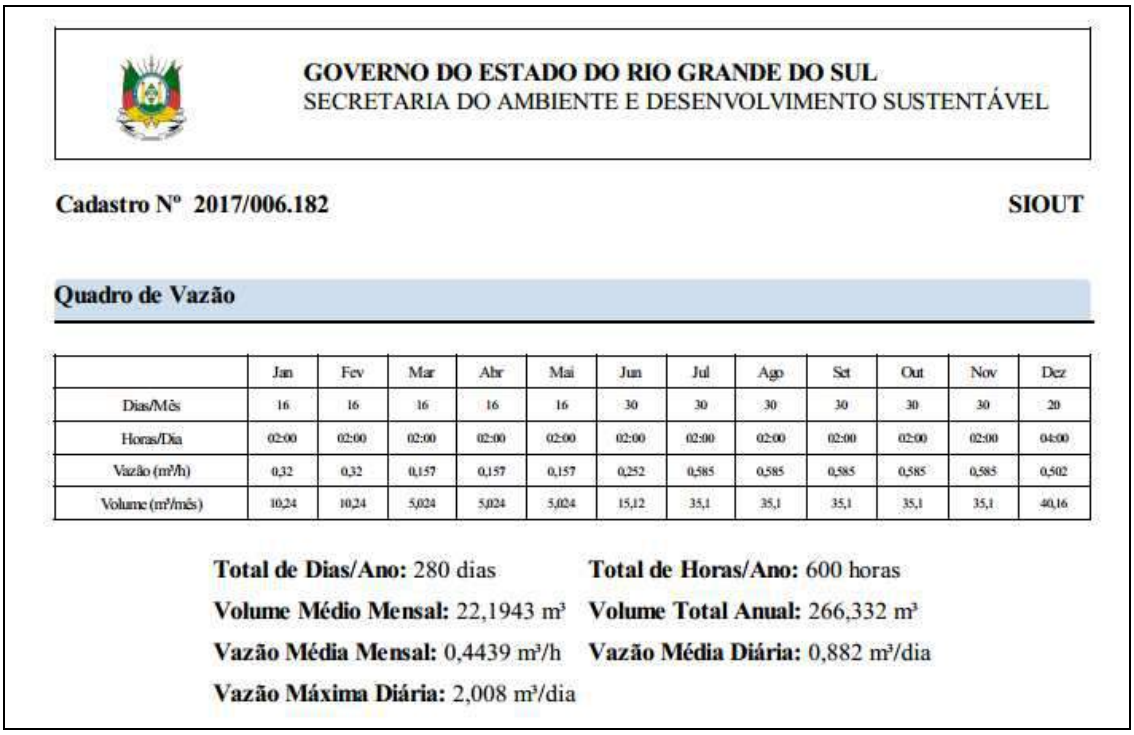
Tabela 3 - Volume em $m^3 mês^{-1}$ para atividade do pomar no Campus II da URI Erechim, RS

Período	Dias do mês	Horas do dia	Vazão ($m^3 h^{-1}$)	Volume ($m^3 mês^{-1}$)
Jan, fev., mar, abr.	0	0	0,0	0,0
Junho	15	2	0,3333	10,000
Jul. Agos. Set. Out. Nov. Dez.	15	2	1,0000	30,000

3.4 Resultado do Pedido de Outorga

Referente ao pedido de outorga foi gerado o cadastro de uso de água n°2017/006.182 com os dados de identificação do usuário de água; localização e dados da intervenção; informações das geometrias adicionadas; quadro de vazão e finalidades de usos para o consumo agroindustrial e irrigação.

O resultado do quadro de vazão está apresentado na figura 3. Houve uma variação de volume de 5,034 a 40,16 $m^3 mês^{-1}$. Isso comprova um volume médio mensal de 22,1943 m^3 e um volume total anual de 266,332 m^3 para 280 dias ou 600 horas anuais.



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Cadastro Nº 2017/006.182 **SIOUT**

Quadro de Vazão

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Dias/Mês	16	16	16	16	16	30	30	30	30	30	30	20
Horas/Dia	02:00	02:00	02:00	02:00	02:00	02:00	02:00	02:00	02:00	02:00	02:00	04:00
Vazão (m³/h)	0,32	0,32	0,157	0,157	0,157	0,252	0,585	0,585	0,585	0,585	0,585	0,502
Volume (m³/mês)	10,24	10,24	5,024	5,024	5,024	15,12	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	40,16

Total de Dias/Ano: 280 dias **Total de Horas/Ano:** 600 horas
Volume Médio Mensal: 22,1943 m³ **Volume Total Anual:** 266,332 m³
Vazão Média Mensal: 0,4439 m³/h **Vazão Média Diária:** 0,882 m³/dia
Vazão Máxima Diária: 2,008 m³/dia

Figura 3 - Quadro de vazão anual para as atividades de horticultura, pomar e pulverização agrícola com a discriminação de total de dias do mês de utilização (Dias/mês), Horas do Dia, Vazão (m³/hora) e Volume (m³/mês).

Em relação às finalidades de uso propostas neste trabalho, agricultura, fruticultura e plasticultura, as mesmas ficaram dentro das finalidades de uso da água no SIOUT como sendo consumo agroindustrial e irrigação (Figura 4). Diante disso, ocorreram às percentagens mensais da vazão captada, totalizando 100% das finalidades, como mostra a figura 4 a seguir. O pedido de outorga ainda está em análise junto ao DRH/SEMA-RS.

Finalidades

- **Consumo agroindustrial**
- **Irrigação**

Mês/Ano de início da operação: Maio/2017 **Área total irrigada:** 1,4 ha

Quadro de Culturas - Finalidade Irrigação				
Cultivo irrigado	**Método de irrigação**	**Mês do plantio**	**Mês da colheita**	**Área de plantio**
Citrus	Gotejamento	Setembro	Abril	1,4 ha

Finalidades de uso	Porcentagens mensais da vazão captada											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo agroindustrial	99	99	99	99	99	33	14	14	14	14	14	25
Irrigação	1	1	1	1	1	67	86	86	86	86	86	75
Total	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Figura 4 - Quadro das finalidades de uso da vazão captada

4. CONCLUSÃO

a) O volume médio mensal utilizado nas atividades de agricultura, fruticultura e plasticultura (consumo agroindustrial e irrigação) foram de 22,1943 m^3 e o volume total anual foi de 266,332 m^3 para 280 dias.
b) A outorga encaminhada apresenta-se em análise junto ao DRH/SEMA-RS para a emissão de documento de outorga.

5. REFERÊNCIAS

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. LEI Nº 10.350, DE 30 DE DEZEMBRO DE 1994. 25 Agos 2017 <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/10.350.pdf>.

BARROS, F.G.N., AMIN, M.M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. Taubaté, SP. v. 4, n.1, p.75-108, 2008.

SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente/ Departamento de Recursos Hídricos). Manual de outorga de direito do uso da água. - Porto Alegre, RS: SEMA, 2017.

SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente/Departamento de Recursos Hídricos). Manual para usuários: outorga de direito de uso de recursos hídricos. – Belém, PA: SEMA, 2014.

SIOUT. (Sistema de outorga de água do Rio Grande do Sul). Porto Alegre – RS. 2017. <http://www.siout.rs.gov.br/#/>.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO ECONÔMICA NO MÉTODO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL NO SISTEMA FIXO E MÓVEL

Gleison Yuri Dias
Raquel Paula Lorensi
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
geison_psar@yahoo.com.br; raquelorensi@uricer.edu.br

Sérgio Henrique Mosele
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
msergio@uricer.edu.br

Amanda Avozani
URI ERECHIM, Campus II , RS 331, Erechim - RS
amandaavozani_dda@hotmail.com

Leandro de Mello Pinto
engleandropinto@gmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar economicamente um sistema de irrigação por aspersão convencional fixo e móvel e também avaliar a importância da mão de obra no sistema móvel. O estudo foi realizado na área experimental do Departamento de Ciências Agrárias, do curso da Engenharia Agrícola, da Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim, Rio Grande do Sul. Este projeto teve uma duração de aproximadamente 12 meses. A área de estudo foi de 1,6 hectares de milho. Houve a coleta dos dados topográficos, da cultura, do solo e do clima para o dimensionamento do projeto de irrigação. Após a viabilidade econômica. Métodos como o Valor Presente Líquido (VPL), o Índice Benefício/Custo (IBC), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Pay Back, foram analisados. Os resultados mostraram que o método de irrigação móvel com investimento inicial de R$ 5.215,50 e fixo com R$ 10.180,50 são viáveis. Os valores de IBC, TIR e Pay Back, ficaram R$ 2,02 e R$ 1,80; 83% e 44%; 1,20 e 2,24 anos, respectivamente. Em contrapartida, o ponto mais robusto se concentrou no VPL, com R$ 39.205,44 para o móvel e R$ 45.736,07 para o fixo. Concluiu-se que houve uma diferença importante nos investimentos iniciais. Em relação aos métodos IBC, TIR e Pay Back indicaram como mais interessante o projeto de irrigação móvel. Porém optou-se pelo sistema fixo, pois o VPL é maior e, ao mesmo tempo, considerou-se o fator mão de obra, na maioria das vezes escassa e onerosa.

Palavras-chave: *Milho. Viabilidade. Dados topográficos.*

1. INTRODUÇÃO

Irrigação por aspersão é aquela que conduz a água pressurizada em tubulações e é aplicada às culturas em forma de gotas, assemelhando-se a uma chuva. Foi introduzida no Brasil por volta de 1950. Na época, o governo brasileiro, percebendo o aumento da demanda e, em consequência do preço do café no mercado internacional, decidiu incentivar a irrigação das nossas lavouras, visando obter aumento de produtividade (LOPES, 2009).

Na agricultura irrigada, uma produção eficiente e rentável deve constituir o principal objetivo econômico, buscando sempre receitas maiores que os custos ou, no mínimo, que as receitas e despesas sejam iguais. Desta maneira, é importante conhecer o grau de risco envolvido na aquisição de novas tecnologias. Estes riscos são decorrentes de incertezas econômicas proporcionadas pela variação do preço de venda do produto, taxa de juros, custos da água, vida útil do sistema de irrigação e taxa de manutenção ocorrida com o manejo do sistema de irrigação, bem como variação na produtividade ao longo dos anos. Entretanto, a viabilidade econômica é um fator indispensável para sua adoção entre os agricultores (FRIZZONE et. al., 1994; BASTOS et. al., 2000). A agricultura irrigada exige alto investimento, principalmente em obras e aquisição de equipamentos, em transporte, em controle e distribuição de água, além de gastos com energia e mão de obra para operação do sistema, que representam importantes custos adicionais, que devem ser pagos pelo incremento de produtividade proporcionado pela irrigação (RODRIGUEZ, 1990).

Para Dossa (2000) a viabilidade econômica tem como principal objetivo avaliar os investimentos relacionando os benefícios e os custos do projeto. Estes métodos de avaliação podem ser divididos em dois grandes grupos. Um dos grupos é o que não leva em consideração a variação do capital com o tempo e leva em conta o tempo de recuperação do capital investido (*pay-back*) e a razão receita média/custo (R/C). O outro grande grupo refere-se aos projetos que levam em conta a variação que o capital sofre com o tempo, destacando o método do valor presente líquido (VPL), o método de taxa interna de retorno (TIR) e o método do índice benefício/custo (IBC).

Este projeto faz parte do Departamento das Ciências Agrárias da URI Erechim dentro do grupo de Pesquisa Engenharia Agrícola na linha de pesquisa Engenharia de Água, Solo e Meio Ambiente.

Este estudo foi base para um trabalho de conclusão de curso e ao mesmo tempo empregando junto à comunidade local informações relevantes na área de irrigação propriamente dita. Diante disso, este trabalho visa mostrar a viabilidade econômica no método de irrigação por aspersão convencional no sistema fixo e móvel em uma área de 1,6 hectares de milho.

2. METODOLOGIA

O referido trabalho foi realizado em duas etapas. Na primeira etapa o trabalho foi conduzido na área experimental do Departamento de Ciências Agrárias, do curso da Engenharia Agrícola, da Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim, Rio Grande do Sul, que esta situada nas coordenadas geográficas 27°36’42,54’’S e 52°13’53,87’’ O. Este projeto teve uma duração de aproximadamente 12 meses.

Na segunda etapa foi realizada a análise econômica caso o sistema de irrigação fosse implantado em uma área de 1,6 hectares nas condições encontradas na área experimental referida acima.

2.1 Primeira Etapa – Estudo do projeto de irrigação

Para melhor entendimento segue o fluxograma abaixo (Figura 1) das principais etapas desenvolvidas neste trabalho.

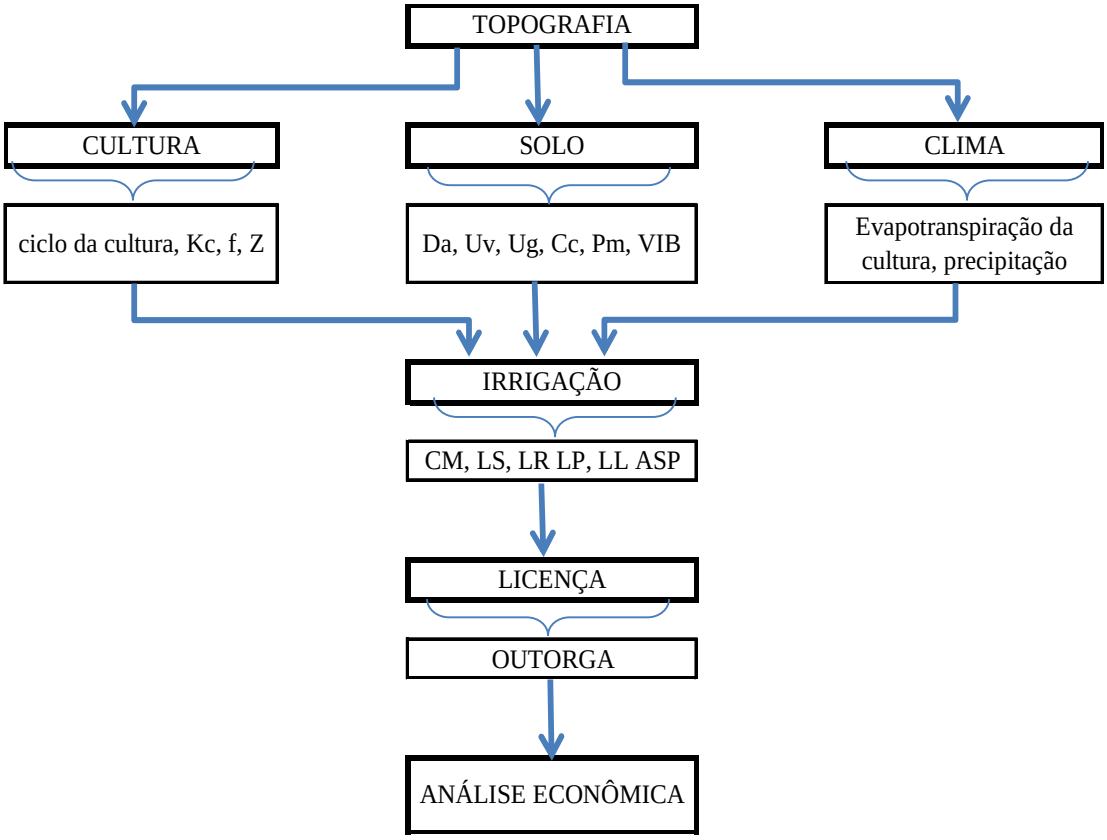


Figura 1 – Fluxograma das etapas do experimento.
Coeficiente da cultura (Kc), fator (f), altura radicular (Z), densidade aparente (Da), umidade volumétrica (Uv), umidade gravimétrica (Ug), capacidade de campo (Cc), ponto de murcha (Pm), velocidade de infiltração básica (VIB), Evapotranspiração da cultura (ETc), conjunto motobomba (CM), linha de sucção (LS), linha de recalque (LR), linha principal (LP), linha lateral (LL) e aspersores (Asp.).

O levantamento topográfico do local (Figura 2) foi por meio de planialtimetria. A declividade ficou com o máximo de 4% de declividade com área total de 1,6 hectares.

Figura 2 - Levantamento topográfico da área do experimento.
Fonte: Google Earth (2017) modificado pelo autor.

Os dados da cultura e do solo estão dispostos na tabela 1 e do clima na tabela 2. Foi usado a evapotranspiração potencial (mm/mês) da tabela 2, multiplicado pelo coeficiente máximo da cultura (Kc) da tabela 1 para calcular a ETc (Figura 1).

Tabela 1 - Dado da cultura e do solo para o cálculo da irrigação por aspersão convencional.

Cultura - milho			
Ciclo (dias)	Kc	Z (metros)	F
130	1,25	0,4	0,5
Solo			
CC (%)	Pm (%)	Ds (g cm^{-3})	VIB (mm h^{-1})
37*	19*	1,25	8**

Fonte: Embrapa (2010); *Falker (2017); **Mantovani, et al. (2012).

Tabela 2 - Características climatológicas de 30 anos (1976-2005) do município de Erechim – RS.

Período	**Temperatura (°C)**	**Precipitação Pluviométrica (mm)**	**Umidade Relativa (%)**	**Evapotranspiração potencial (mm $mês^{-1}$)**	**Radiação solar (MJ m^{-2} dia^{-1})**
Janeiro	22,6	171,7	77,6	117,0	21,6
Fevereiro	22,1	143,2	79,3	97,7	20,8
Março	21,2	132,9	79,7	93,5	17,7
Abril	18,5	145,3	79,2	65,2	14,4
Maio	15,7	159,6	82,6	45,4	12,3
Junho	13,9	156,4	81,9	34,8	10,6
Julho	13,5	177,7	80,8	35,1	11,1
Agosto	15,0	1295	79,4	45,0	13,4
Setembro	15,7	173,0	76,0	50,3	15,7
Outubro	18,2	210,1	76,0	61,3	19,5
Novembro	20,0	155,4	75,3	87,8	22,3
Dezembro	21,7	145,1	75,6	110,9	22,6
Anual	18,2	1869,4	75,6	844,9	16,8

Fonte: Matzenauer, Radin e Almeida, (2011).

Em relação à outorga do direito de uso da água a mesma possui o número de protocolo Nº 2017/006.182 no DRH/SEMA. Este pedido de outorga foi realizado por meio de um trabalho de graduação do curso de Agronomia da URI- Erechim no corrente ano.

2.2 Segunda Etapa – Estudo da Viabilidade Econômica

Para o estudo da viabilidade econômica usou-se os métodos de VPL, IBC, TIR e *Pay Back*. Para o VPL usou-se o modelo geral (Equação 1).

$$VPL = \sum_{n=0}^{t} \frac{Rn - Cn}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Rn = Receitas; *Cn* = Custos operacionais, *i* = Taxa de desconto; *n* = Tempo de fluxo de caixa.

Para o IBC usou-se a fórmula 2.

$$\frac{\sum B}{\sum C} = \frac{Bn\left(\frac{1}{(1+i)^n}\right)}{Cn\left(\frac{1}{(1+i)^n}\right)} \quad (2)$$

A TIR calculou-se por tentativa e erro, conforme equação 3. Assim, utilizou-se a fórmula fornecida Excel, onde se trabalhou com valores dos Fluxos líquidos de caixa (FLC's) do período de 15 anos.

$$TIR = \sum_{n=0}^{T} \frac{FLUXO\ LÍQUIDO}{(1+i)^n} \quad (3)$$

Para o cálculo a *pay back*, usou-se a divisão do FLC do ano zero pelo FLC do primeiro ano conforme equação 4.

$$Pay\ Back = \frac{FLC\ do\ ano\ do\ investimento}{FLC\ do\ primeiro\ ano} \quad (4)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os cálculos do projeto obtiveram-se como resultados os croquis do sistema de irrigação por aspersão convencional fixa (Figura 3) e móvel (Figura 4).

Figura 3 - Croqui do projeto para irrigação por aspersão convencional fixa
Fonte: Google Earth (2017), editado pelo autor.

Figura 4 - Croqui do projeto para irrigação por aspersão convencional móvel
Fonte: Google Earth (2017), editado pelo autor.

Para a irrigação por aspersão convencional móvel, o valor do investimento inicial foi de R$ 5.215,50 e o custo da mão de obra para a troca da canalização foi de R$ 200,00 por ano (Tabela 3). A implantação do sistema de irrigação por aspersão convencional fixo o custo foi de R$ 10.180,50 (Tabela 3), porém chama-se a atenção para o fato de que este sistema não necessita de mão de obra para a troca da canalização.

Tabela 3 - Custos de implantação do projeto de irrigação e mão de obra.

Irrigação por aspersão convencional	Custo de implantação em R$	Custo da mão de obra (R$/ANO)
Móvel	5.215,50	200,00
Fixa	10.180,50	-

Fonte: Dados calculados pelo autor

Para o estudo considerou-se que a produtividade do milho irrigado foi de 260 sacas ha^{-1} (Canal Rural, 2017). Também para efeito de cálculo estimou-se o preço médio do milho em R$ 28,00/sc. Assim, a receita bruta anual (produtividade *versus* preço) ficou em torno de R$ 7.280,00.

Para o cálculo do custo total/saída foi usado dados do Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária (2016), tendo um custo de produção para uma lavoura de milho com médio nível tecnológico de R$ 2.938,00. Este valor refere-se ao custo com: sementes, fertilizantes, defensivos, operação com máquinas, mão de obra e outras despesas geradas ao longo da produção.

Assim, tendo-se os valores da receita bruta e do custo total, obtiveram-se os valores do fluxo líquido de caixa (FLC), através da subtração das entradas com as saídas, gerando assim um valor de R$ 4.342,00 anuais.

A taxa de atratividade (taxa de juros) utilizada nos cálculos foi de 9,5% ao ano.

Na tabela 4 apresentam-se os resultados do valor presente líquido (VPL), do índice custo/benefício (IBC), da taxa interna de retorno (TIR), e do *Pay Back*.

Tabela 4 - Resultados dos métodos de análise do fluxo de caixa.

Sistema de irrigação	Investimento inicial	VPL	IBC	TIR	Pay back (anos)
Milho com irrigação móvel	R$ 5.215,50	R$ 39.205,44	R$ 2,02	83%	1,20
Milho com irrigação fixa	R$ 10.180,50	R$ 45.736,07	R$ 1,80	44%	2,24

Fonte: Dados calculados pelo autor

4. CONCLUSÃO

A partir do estudo concluiu-se que:

a) Houve uma diferença importante no custo de implantação dos dois projetos. No projeto de irrigação fixa, o custo do investimento inicial foi o dobro do custo do projeto de irrigação móvel;

b) Todos os métodos utilizados, tanto para um projeto como para outro demonstraram a viabilidade da irrigação.

c) No caso de escolher-se entre um e outro projeto, utilizando-se como parâmetro decisório o VPL, reconhecido pela literatura como o mais robusto, a escolha recairá pelo projeto de irrigação fixa.

d) Os outros métodos, RBC, TIR e *Pay Back* indicam como mais interessante o projeto de irrigação móvel.

e) O parecer optaria pelo sistema fixo, pois além do VPL ser maior, há que considerar-se o fator mão de obra, na maioria das vezes escassa e onerosa.

5. REFERÊNCIAS

BASTOS, E.A., FOLEGATTI, M.V., ANDRADE JÚNIOR, A.S., CARDOSO, M.J., FARIA, R.T. Manejo econômico da irrigação de feijão-caupi via modelo de simulação. Irriga, Botucatu, v.5, n.2, p.84-98, 2000.

DOSSA, D., RODEGHERI, A. J., HOEFLICH, H., AFONSO, V. Aplicativo com análise de rentabilidade para sistemas de produção de florestas cultivadas e de grão. Paraná, Embrapa, 2000.

EMBRAPA. Cultivo do milho. 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm>. Acesso em: 31 de out. 2016.

FALKER. Aplicação controle de irrigação. 2017. Disponível em: http://www.falker.com.br/aplicacao-controle-de-irrigacao.php>. Acesso em: 02 de jul. 2017.

FRIZZONE, J.A., BOTREL, T.A., FREITAS, H.A.C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô central, em culturas de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. Engenharia Rural, Piracicaba, v.5, n.1, p.34-53, 1994.

LOPES, J.D.S. Irrigação por aspersão convencional. Viçosa, MG. Ed. Aprenda Fácil, 2009.

MANTOVANI, E.C., BERNARDO, S., PALARETTI, L.F. Irrigação: princípios e métodos. Viçosa, MG. Ed. UFV, 2012.

MATZENAUER, R., RADIN, B., ALMEIDA, I. R. (Ed.). (2011). Atlas Climático: Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura Pecuária e Agronegócio/ FEPAGRO.

RODRIGUEZ, F. Custos e benefícios da irrigação no Brasil. ITEM: Irrigação e Tecnologia Moderna, n.41, p.6-11, 1990.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AÇÃO FUNGICIDA DA FOLHA DE *Lupinus albescens* OBTIDOS A PARTIR DE CO_2 SUPERCRÍTICOS E GLP PRESSURIZADO

Tássia Carla Confortin
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: tassi_cc@hotmail.com

Izelmar Todero
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: izelmar@yahoo.com.br

Juliana Ferreira Soares
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: eng.juferreira@gmail.com

Thiarles Brun
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: brum.thiarles@gmail.com

Luciana Luft
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: luciana.luft@ymail.com

Jéssica Emilia Rabuske
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: jessicarabuske@gmail.com

Márcio Antônio Mazutti
Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, 97105900 – Santa Maria – RS – Brasil
e-mail: marciomazutti@gmail.com

Marcus Vinícius Tres
Universidade Federal de Santa Maria, Rua Ernesto Barros, 1345, Santo Antônio, 96506-322 – Cachoeira do Sul – RS – Brasil
e-mail: marcus.tres@ufsm.br

Resumo *- Os fungos são considerados um dos microorganismos mais prejudiciais na agricultura. O uso indiscriminado de tratamentos químicos em produtos agrícolas permite a resistência a pragas e afeta a saúde humana. Um método alternativo para fungicidas sintéticos é o uso de produtos naturais, como extratos vegetais para o manejo de doenças fúngicas nas plantas. Com base neste contexto, a extração da folha de Lupinus albescens foram obtida por extrações com dióxido de carbono supercrítico (CO_2)e GLP pressurizado e posteriormente, a atividade antifúngica in vitro de extratos foi avaliada contra Fusarium oxysporum e Fusarium verticillioides. Os testes antifúngicos mostraram que a os extratos obtidos da folha por CO_2 e GLP apresentaram 60,5% e 60,3% de inibição contra F. oxysporum e 55,0% e 57,2 inibição contra F. verticillioides respectivamente.. Os resultados deste estudo sugerem que o extrato obtido da folha de L. albescens por extrações usando CO_2 supercrítico pode ser uma fonte potencial de fungicida natural.*

Palavras : *Extração, Lupinus albescens, atividade antifúngica.*

1. INTRODUÇÃO

No desenvolvimento da cadeia agroalimentar, o uso de fungicidas químicos sintéticos para proteger os grãos, os vegetais e os frutos pós-colhidos levanta preocupações ambientais e de saúde humana (Juárez et al., 2015). No entanto, em consideração desta e de resistência antifúngica, novas alternativas, como a física Tratamentos, extratos naturais e micróbios de controle biológico são utilizados em vez disso para controlar as doenças pós-colheita (Xu et al., 2014). Atualmente, muitos pesquisadores concentraram sua atenção no uso de produtos naturais das plantas para proteger as

culturas de diversas doenças, minimizando os efeitos negativos sobre a saúde humana E segurança ambiental (Juárez et al., 2015, Jasso et al., 2017)

O *Lupinus Albescens*, popularmente conhecido como tremoço nativo é uma leguminosa ocorrendo naturalmente na Argentina, Uruguai, Paraguai e nas regiões da Campanha, Litoral e Missões do Rio Grande do Sul. É uma planta de porte herbáceo, de crescimento ereto, com hábito anual, apresentando folhas digitadas, inflorescências racemosas com flores lilases e frutos na forma de vagem, com até sete sementes (Pinheiro, 2000). Apresenta folíolos e ramos muito pilosos, além de apresentar substâncias resiníferas, o que pode ser um mecanismo da adaptação às condições edafoclimáticas da região, comprovando a sua evolução paralela a um paleoambiente xeromórfico. Estas características, além de atribuírem alta rusticidade à espécie, possuem efeitos benéficos quando do uso da espécie em estratégias de recuperação a tornam inadequada ao consumo animal. Essa elevada pilosidade atua diminuindo a transpiração, fator importante em solos de baixa retenção hídrica (Rovedder et al., 2005). Convém ressaltar que as partes botânicas de *L. albescens*, como raízes, talos, folhas e flores, contêm compostos antioxidantes, como estigmaster e ergosterol (Confortin et al., 2017). Neste contexto, o trabalho visou investigar o efeito do extrato da folha de *L. albescens* no crescimento micelial in vitro de *F. oxysporum e F. Verticillioides*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

A coleta das amostras de *Lupinus albescens* foram realizadas no município de São Francisco de Assis/RS. Após a coleta as folhas foram secas até massa constante em estufa à 40 ºC e armazenadas em –4 °C até sua utilização.

2.2 Obtenção dos extratos

Os extratos foram obtidos de diferentes partes de *L. albescens* por extração de fluido supercrítico com CO_2 e foram realizados na unidade experimental de extração do Laboratório Biotech Factor da UFSM (Santa Maria/RS). A condição foi fixada em 50°C e 200 bar para o CO2 e 25ºC e 35 bar para GLP.

Figura 1- Unidade experimental de ESC do Laboratório de Bioprocessos do PPGEPro – UFSM.

2.3 Atividade antifúngica

O extrato foi preparado em uma concentração de 5000 mg L-1. A amostra de controle foi composta de etanol e água destilada na mesma concentração volumétrica. O efeito tóxico dos extratos foi avaliado no desenvolvimento de dois patógenos importantes: F. oxysporum e F. verticillioides e a metodologia utilizada foi o método de difusão em disco de ágar. As placas de Petri foram completadas com meio de cultura de PDA e, após a solidificação do meio, um disco de micélio de 7 mm de diâmetro do microorganismo de teste foi transferido de uma cultura pura de 7 dias para o centro dos pratos. Em seguida, dois discos de papel (aproximadamente 5 mm de diâmetro) foram colocados em cada lado de cada prato contendo 25 μL de extrato a uma concentração de 5000 mg L-1. Posteriormente, as placas de Petri foram inoculadas a 28 ± 2 ° C durante 7 dias. O diâmetro do crescimento micelial foi medido através de duas medidas diametralmente opostas das colônias quando o controle atingiu seu máximo crescimento. A percentagem de inibição do crescimento micelial foi determinada utilizando o crescimento da concentração de controlo (placa de Petri com apenas meio PDA) como referência e calculada como Eq. (1):

$$\%\ inibição = \left(\frac{DC - DT}{DC}\right) \times 100$$

Onde: DC é o diâmetro da colônia (mm) da concentração de controle; DT é o diâmetro da colônia (mm) das diferentes concentrações avaliadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atividade antifúngica

A atividade antifúngica *in vitro* do extrato obtido da folha de L. albescens por fluido supercrítico e extrações líquidas pressurizadas contra F. oxysporum e F. verticillioides são mostradas na Tabela 1. A matriz apresentou atividade antifúngica contra ambas as espécies de fungos, variando de 60,5% e 60,3% Inibição contra F. oxysporum e de 55,03% e 57,2% de inibição contra F. verticillioides (Figura 2).

Tabela 1. Inibição do crescimento micelial de F. oxysporum e F. verticillioides, apartir dos extratos da matriz folha de L. albescens.

	% inibição
F. oxysporum	
CO_2	60.5±0.2
LPG	60.3±0.3
F. verticillioides	
CO_2	55.0±0.3
LPG	57.2±0.1

A porcentagem de inibição apresentada (Tabela 1) está de acordo com a inibição apresentada por extratos de outras matrizes vegetais, mas com a vantagem de os extratos de L. albescens serem obtidos por tecnologias recentes e promissoras, especialmente a tecnologia supercrítica. Os resultados também estão ligados ao conteúdo já estudado do estigmasterol nos extratos obtidos nas folhas, que atingiram mais de 25% (massa) da composição total dos extratos (Confortin et al.,2017).

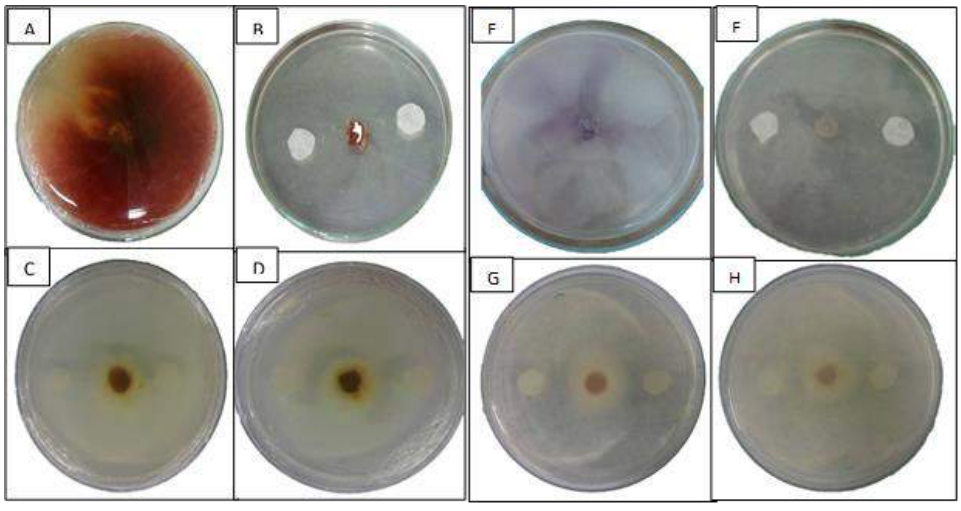


Figura 2. Inibição de extratos da folha obtidos de L. albescens contra F. oxysporum e F. verticillioides; A: Controle; B: 1º dia da candidatura; C: extrato da folha de CO_2 após 7 dias; D: extracto da folha de LPG após 7 dias; E: Controle; F: 1º dia de aplicação; G: extracto da folha de CO_2 após 7 dias; H: extracto da folha de LPG após 7 dias

4. CONCLUSÕES

Os extratos obtidos da folhas de *L. albescens* por extração com CO_2 supercrítico e GLP comprimido apresentaram atividades antifúngicas, o que indica esses extratos como agentes úteis para controlar doenças agrícolas causadas por esses fungos fitopatogênicos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFSM pela infraestrutura disponibilizada e à FAPERGS, CAPES e CNPQ pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Confortin TC, Todero I, Ferreira JS, Brun T., Luft L., Ugalde G.A., Dal Prá V., Mazutti M.A and Tres M.V., 2017. Extraction and composition of extracts obtained from *Lupinus albescens* using supercritical carbon dioxide and compressed liquefied petroleum gas. J. Supercrit. Fluids.

Rodríguez D.J., Salas-méndez E.J., Rodríguez-García R, Hernández-Castillo FD, Días-Jiménez MLV and Sáenz-Galindo A., 2017. Antifungal activity in vitro of ethanol and aqueous extracts of leaves and branches of Flourensia spp . against postharvest fungi. *Ind Crops Prod*.

Juárez ZN, Hernández LR, Bach H, Sánchez-Arreola E and Bach H., 2015. Antifungal activity of essential oils extracted from Agastache mexicana ssp. xolocotziana and Porophyllum linaria against post-harvest pathogens. *Ind Crops Prod*. **74**:178–182.

Pinheiro, M., 2000. *O gênero Lupinus L. (leguminosae-faboideae) no Rio Grande do Sul* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Rovedder, A. P. M., Eltz, F.L.F., Girardi-deiro and A.M., Deble, L. 2005. Análise da composição florística do campo nativo afetado pelo fenômeno da arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 501-503.

Xu S, Yan F, Ni Z, Chen Q, Zhang H and Zheng X., 2014. In vitro and in vivo control of Alternaria alternata in cherry tomato by essential oil from Laurus nobilis of Chinese origin. *J Sci Food Agric.* **94**:1403–1408.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA CULTIVADA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO CONSOLIDADO E SOLO ESCARIFICADO

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

Antonio Sergio do Amaral
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
asamaral@uricer.edu.br

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

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

Vitor Cauduro Girardello
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; Av. Universidade das Missões, nº 464; Santo Ângelo; Rio Grande do Sul; Brasil
vitorgirardello@santoangelo.uri.br

Hugo Von Linsingen Piazzetta
Universidade Federal da Fronteira Sul; ERS 135, Km 72, nº 200, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil
hugo.piazzetta@uffs.edu.br

Willian Jair Kuhn
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
willian.kuhn1@hotmail.com

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

Resumo. *Com o advento do sistema de plantio direto (SPD) foram observadas melhorias significativas no manejo do solo, porém em propriedades em que o trânsito das máquinas não é controlado, o plano de rotação de culturas não é seguido adequadamente e a palhada não é aportada em quantidade e qualidade podem apresentar efeito da compactação do solo de forma acentuada. O objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade da cultura da soja em áreas agrícolas manejadas sob SPD e solo escarificado (ESC). O experimento foi desenvolvido sobre um Latossolo Vermelho Aluminoférrico, sendo avaliado características do solo como a taxa de infiltração de água, densidade e a resistência a penetração, como parâmetros para o estabelecimento do possível nível de compactação, e a influência sobre a produtividade. Os resultados obtidos apontaram uma melhora nas características do solo envolvendo a infiltração de água, que foi significativamente otimizada facilitando a percolação vertical da água no perfil do solo, a resistência a penetração foi reduzida a níveis ideais para o desenvolvimento do sistema radicular, porém não apresentou diferença estatística de produtividade entre os tratamentos SPD e ESC. Sugere-se a continuidade deste estudo, somada a rotação de cultura, prática preconizada pelo SPD, para verificar o comportamento do solo após a implantação de outras culturas, bem como a evolução de atributos do solo levantados, e avaliações em outras safras com diferentes condições climáticas.*

Palavras-chave: *compactação, escarificação, infiltração, densidade, resistência à penetração*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos EUA. Na safra 2016/2017, a cultura ocupou uma área de 33,9 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 114 milhões de toneladas (CONAB, 2017). No Rio Grande do Sul na safra 2016/2017 foram cultivados 5,5 milhões de hectares de soja, produzindo 18,7 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2017) em sua maioria cultivada em sistema de plantio direto (SPD).

O SPD consiste em um complexo de processos tecnológicos destinados à exploração de sistemas agrícolas produtivos, abdicando de atividades de preparo do solo, etapa necessária no sistema de preparo convencional do solo (SPC), enfatizando somente a mobilização do solo na linha ou cova de semeadura, garantindo a manutenção permanente da cobertura do solo, diversificação de espécies e minimização ou supressão do intervalo de tempo entre colheita e semeadura (FEBRAPDP, 2016).

Assim o SPD propõe a conservação do solo e da água, maximizando a conservação da matéria orgânica, a utilização de controles fitossanitários e a eficiência da adubação, contribuindo para o controle e diminuição do processo de erosão e aumentando a capacidade de resiliência do solo, sem contar com o significativo incremento na capacidade produtiva das culturas implantadas.

A cultura da soja possui particularidades referentes à necessidade hídrica, a mesma demanda de 450 a 800 mm de água distribuídos durante o ciclo da cultura, sendo a germinação/emergência e floração/enchimento dos grãos os dois períodos de desenvolvimento com maior exigência hídrica da planta. A semente necessita absorver 50% do seu peso de água para o processo de germinação eficiente, nesse período a disponibilidade não pode baixar de 50% e nem exceder 85% desse recurso. Durante a floração e enchimento dos grãos a soja demanda de 7 a 8 mm dia^{-1} de água, sendo o período com maior exigência hídrica (EMBRAPA, 2017).

Com relação a disponibilidade de água para a cultura da soja, uma característica importante que o solo necessita apresentar é a velocidade de infiltração de água (VI), que é o parâmetro que vai indicar qual o comportamento de uma lâmina de água sobre o solo em relação ao tempo para nele infiltrar e pode ser expressa em mm h-1. Já a velocidade de infiltração básica (VIB) determina se o solo suporta a intensidade da lâmina de água que é submetido, sendo obtida quando a infiltração aumenta com o tempo e a VI diminui até chegar à estabilidade Mantovani et al. (2012), sendo este um fator importante a ser considerado para minimizar a erosão hídrica do solo.

Outra particularidade da cultura da soja é a característica referente à resistência a penetração do solo por parte das raízes, estudos realizados apontam que o nível crítico para a produção de grãos de soja é superior à 2,0 MPa para Latossolos, conforme Beutler et al. (2003). Segundo Petter (1990), em estudo de campo em um Latossolo, o menor crescimento radicular de soja se dá a partir de 2,8 MPa. Segundo Girardello et al. (2014) o valor crítico de resistência à penetração do Latossolo Vermelho foi de 3,0 MPa, induzindo decréscimo de 10 % na produtividade da soja. A partir do valor crítico, pequenos incrementos na resistência à penetração ocasionaram acentuado decréscimo na produtividade da oleaginosa, alcançando redução de 38 % com 5,0 MPa.

Uma característica importante do solo, que se faz relevante para o cultivo de culturas como a soja é a densidade, que segundo Klein (2012), pode ser definida como sendo o quociente de sua massa de sólidos secos por seu volume total, sendo uma característica importante, que afeta diretamente propriedades como a porosidade de aeração, a retenção de água no solo, a disponibilidade de água ás plantas e a resistência do solo a penetração.

Para resolver o problema da compactação uma alternativa é realizar a escarificação mecânica ou de forma biológica com a rotação de culturas com sistema radicular agressivo (Camara e Klein, 2005; Nicoloso et al., 2008; Girardello et al., 2011). Porém seu efeito pode ser de curta duração se não for acompanhado de práticas adequadas de manejo do solo (Nicoloso et al., 2008)

Desta forma, torna-se necessário avaliar se em áreas de produção de grãos do Alto Uruguai manejadas sobre SPD consolidado a compactação do solo afeta negativamente as culturas quando comparado com solo escarificado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no campo experimental da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim, mais precisamente no Campus II, com coordenadas geográficas S 27º36'40,33" e W 52º13'54,53", com área pré-estabelecida de 0,16 ha. O solo deste local foi classificado como um Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (EMBRAPA 2013), tendo como características principais ser muito profundo, homogêneo e intemperizado. Sua constituição granulométria é composta por 47% de argila e suas características químicas são pH (H_2O) 6,0, índice SMP 6,1, teor de MOS 4,2%, teores de P disponível de 19,0 mg dm^{-3}, K de 219 mg dm^{-3}, Ca de 8,0 $cmol_c$ dm^{-3}, Mg de 3,5 $cmol_c$ dm^{-3}, Al^{+3} 0,0 $cmol_c$ dm^{-3} e H+Al 3,9 $cmol_c$ dm^{-3}.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa subtropical (Nimer, 1989), tendo um clima quente e temperado. As chuvas são distribuídas regularmente em todos os meses do ano, com precipitação anual média de 1872 mm, conforme informações do Climate-Data (2016), tendo durante o desenvolvimento da cultura da soja na safra 2016/2017 precipitado 737 mm.

O projeto propôs desenvolver um plano de manejo complementar ao SPD para minimizar efeito da compactação do solo, que consistiu na escarificação do solo em uma área onde o SPD já esteja consolidado, para possibilitar a

comparação de produtividade da cultura da soja em glebas com diferentes manejos de solo, sendo utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento.

Porém, para o desenvolvimento racional do manejo complementar foi necessário o estabelecimento de parâmetros referentes ao solo onde o SPD já estava consolidado, para verificar a taxa de infiltração de água, a densidade, a resistência à penetração encontrada e quais camadas estavam compactadas, possibilitando o estabelecimento da profundidade adequada a ser trabalhada com o escarificador. Esta etapa foi executada no mês de outubro de 2016 antes da implantação do experimento e da semeadura da cultura da soja.

Para o estabelecimento da taxa de infiltração de água no solo foi adotado o método dos anéis concêntricos sugerido por Bernardo et al. (2009), por ser um método prático, de baixo custo e fornecer resultados condizentes com a realidade existente. O mesmo foi realizado em oito pontos diferentes da área, um em cada parcela, com duração mínima de 2 horas por ponto e em duas épocas diferentes, antes da escarificação e implantação da cultura e após a colheita da cultura.

Para o estabelecimento da densidade do solo foi utilizado o método do cilindro volumétrico, conforme metodologia proposta por Klein (2012), realizando a coleta em oito parcelas diferentes da área com duas amostras por trincheira nas profundidades de 0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,30 m de profundidade, totalizando seis amostras de cada ponto (trincheira). Após a coleta, as amostras levadas a uma estufa para serem secas a uma temperatura de 105º C até peso constante determinando-se a densidade do solo pela divisão da massa seca pelo seu volume conforme Klein (2012), sendo expressa em g cm^{-3}.

Para a avaliação da resistência a penetração foi utilizado o penetrômetro manual Penetrolog® Falker, sendo verificada a resistência à penetração do solo em 10 pontos diferentes de cada parcela até uma profundidade de 0,40m, realizando o cadastro dos dados. A utilização do penetrômetro seguindo metodologia proposta por Girardello (2010) consistiu em introduzir o cone metálico do aparelho até a profundidade de 0,40m com determinação dos valores a cada 0,01m determinando o perfil de resistência a penetração do solo.

Imediatamente após as avaliações do estado inicial do solo foi realizada a escarificação do solo apenas para as parcelas do tratamento solo escarificado (ESC), utilizando-se um escarificador modelo Jumbo Matic 5 Hastes® JAN tracionado pelo trator TL 100® New Holland, com profundidade uniforme de 0,30 m e distanciamento entre hastes de 0,40 m, estabelecendo os tratamentos SPD e ESC, com quatro repetições por tratamento. As parcelas possuíam dimensões de 10 metros de largura por 20 de comprimento, totalizando uma área experimental de 0,16 ha.

A semeadura da soja se deu no mês de novembro de 2016, com a cultivar 5958 DM, com 14 sementes por metro linear. O espaçamento entre linhas foi de 0,45 m e adubação de 300 kg ha^{-1} do fertilizante 2-18-28 (N, P_2O_5, K_2O). Os demais tratos culturais foram executados conforme a necessidade, de forma semelhante às áreas utilizadas para a produção de grãos, seguindo as recomendações técnicas para a cultura da soja.

Para a avaliação das características vegetativas determinou-se a densidade de plantas e altura das plantas e posteriormente a produtividade da cultura. Com relação a densidade de plantas, foi verificado o número existentes por metro linear, sendo amostradas três repetições de 4 m lineares por parcela, totalizando 24 amostras, como forma de verificar a uniformidade da população das plantas na área estudada. A metodologia utilizada para determinar a altura das plantas existentes em cada parcela foi realizada imediatamente antes da colheita, mensurando-se a altura do solo até a última vagem de 6 plantas aleatoriamente por parcela, totalizando 48 plantas verificadas, estabelecendo assim a altura média por parcela. A produtividade da soja foi determinado através da coleta das plantas em 4 metros lineares de três linhas por amostra, totalizando 5,4 m^2 por amostra, realizando-se 3 repetições por parcela e 24 amostras no total. Os resultados foram corrigidos para umidade de 13 % dos grãos.

Posteriormente a colheita foi realizada nova avaliação das características físicas do solo de taxa de infiltração de água, densidade, resistência à penetração encontrada e qual a profundidade do solo apresentava a maior resistência a penetração do solo, seguindo as metodologias anteriormente descritas na primeira avaliação. Esta etapa foi executada no mês de maio de 2017 logo após a colheita da soja e anterior a semeadura das plantas de cobertura do solo de inverno.

Para a avaliação estatística, as informações foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro para os parâmetros avaliados nos dois tipos de manejo do solo, SPD e ESC, conforme metodologia proposta por Nicoloso et al. (2008). Para a realização das análises foi utilizado o software SigmaPlot 11.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes da implantação do experimento e da semeadura da soja o solo possuía características físicas que se assemelhavam a um solo manejado sob sistema plantio direto com presença de compactação, verificando-se uma elevada densidade do solo, alta resistência a penetração e baixa taxa de infiltração de água no solo, justificando a realização de uma escarificação como alternativa de melhoria das características físicas do solo, executada apenas para o tratamento solo escarificado (ESC).

A taxa de infiltração média para a área manejada em sistema plantio direto foi de 9,8 mm h^{-1} (Tab. 1), compatível com a média dos valores observados para os solos na região de Getúlio Vargas, que é de 6,2 mm h^{-1}, conforme estudos realizados por Moraes (2016), no Alto Uruguai e bem inferiores aos observados por Nicoloso et al. (2008) em

Latossolos Argilosos na região de Santa Rosa com valores superiores a 50 mm h^{-1} para diferentes formas de manejo do solo e por Girardello et al. (2011) em Latossolo Argiloso na região de Não-Me-Toque evidenciado valores de infiltração acumulada em diferentes tratamentos no intervalo de 35 a 268 mm h^{-1}.

Tabela 1. Características físicas do solo manejado em sistema plantio direto consolidado antes da implantação do experimento.

	Taxa de Infiltração (mm h^{-1})	Densidade (g cm^{-3})	Resistência Máxima (MPa)	Profundiadade (m)
Média	9,81	1,46	2,06	0,96
DP	7,51	0,05	0,22	0,02
CV	0,76	0,03	0,11	0,20

* DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

O valor médio de densidade do solo determinados para a profundidade de 0 – 0,30 m foi de 1,46 g cm^{-3} e considerando-se ser um solo argiloso caracteriza-se com indício de compactação com valores ligeiramente acima dos limites críticos indicados na literatura (Reichert et al., 2003; Beutler et al., 2005; Suzuki et al., 2006; Nicoloso et al., 2008) colaborando para a baixa taxa de infiltração de água no solo. Este valor também está próximo ao determinado por Camara (2004) para um Latossolo Vermelho com uma densidade máxima de compactação média de 1,54 g cm^{-3} estabelecido pelo ensaio de Proctor.

Após a determinação do teste de resistência a penetração do solo em que o solo apresentava umidade gravimétrica de 0,29 g g^{-1} observou-se o solo possuía uma resistência a penetração superior a 2,0 MPa (Tab. 1), indicada como valor crítico para a presença de restrições para o desenvolvimento radicular da soja segundo Beutler et al. (2003), e este valor se encontravam no perfil de até 10 cm de profundidade, compatível com a formação do pé de grade e o não revolvimento desta camada de solo pela semeadura em sistema plantio direto.

Após o cultivo da soja foi verificado que o solo sofreu alterações significativas quanto a taxa de infiltração de água no solo, resistência a penetração e profundidade de ocorrência da máxima resistência a penetração no perfil do solo. Apresentando assim uma taxa de infiltração média de 138,88 mm h^{-1} (Tab. 2), sendo estatisticamente diferente com relação a primeira avaliação, podendo ser justificada pelo manejo do solo e cultura implantada (Camara e Klein, 2005; Nicoloso et al., 2008), mas porém, não verificou-se diferença estatística entre os tratamentos.

Tabela 2. Avaliação das características físicas do solo manejado em sistema plantio direto e solo escarificado após o cultivo da soja.

	Taxa de Infiltração (mm h^{-1})	Densidade (g cm^{-3})	Resistência Máxima (MPa)	Profundiadade da Resistência Máxima (m)
SPD	80,00 ^{ns}	1,32 ^{ns}	1,87a	0,13 b
ESC	197,75	1,32	1,46 b	0,32 a
Média	138,88	1,32	1,56	0,24
DP	119,64	0,07	0,27	0,09
CV	0,86	0,05	0,17	0,41

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro; ^{ns}: não significativo para o teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro; SPD: sistema plantio direto; ESC: solo escarificado; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Os valores médios encontrados para densidade do solo, para todo o perfil analisado, levando em consideração os tratamentos SPD e ESC, apresentaram valores de densidade de 1,32 g cm^{-3} proporcionando aproximadamente uma redução de 10% em relação a característica inicial.

O manejo do solo e a utilização da soja com sistema radicular pivotante, também influenciaram a resistência a penetração e a profundidade da máxima resistência, sendo que o solo escarificado reduziu aproximadamente 22% a resistência máxima a penetração e a profundidade de ocorrência próxima aos 0,32 m, compatível com a profundidade de escarificação, enquanto que com o manejo SPD a profundidade de ocorrência foi de 0,13m, compatível com a profundidade do sistema radicular pivotante da soja observado por Azevedo et al. (2007) e Nunes (2014). No momento da avaliação a umidade gravimétrica média do solo era de 0,34 g g^{-1}.

Verificou-se que a densidade média das plantas foi a mesma para os dois tratamentos de 12,7 plantas por metro linear, caracterizando uma população aproximada de 283.333 plantas ha^{-1}, e altura média de 0,89 m sem apresentar diferença estatística entre os tratamentos (Tab. 3).

Tabela 3. Parâmetros vegetativos e produtividade da soja em solo manejado sob sistema plantio direto e solo escarificado.

	Densidade de planta (plantas m^{-1})	Altura (m)	Produtividade (kg ha^{-1})
SPD	12,7 ^{ns}	0,87 ^{ns}	3383,53 ^{ns}
ESC	12,7	0,92	3859,06
Média	12,7	0,89	3621,30
DP	1,75	0,05	1142,72
CV	0,14	0,05	0,32

*^{ns}: não significativo para o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro; SPD: sistema plantio direto; ESC: solo escarificado; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

A produtividade média da soja foi de 3.621 kg ha^{-1}, sendo semelhante à produtividade média nacional de 3.362kg ha^{-1} estabelecida pela CONAB (2017), porém não apresentado diferença estatística entre os tratamentos. Em valores relativos observou-se um acréscimo na produtividade de 12,5% com a escarificação do solo. Esse fato pode ser associado às características da soja, que é considerada uma cultura rústica que sob condições climáticas favoráveis apresenta limitada resposta a intervenções no solo (Pivetta et al., 2011).

Desta forma a escarificação controlada é uma ferramenta que permite a significativa melhora de atributos físico do solo, como a resistência a penetração, densidade e capacidade de infiltração de água no solo, fornecendo condições favoráveis para o desenvolvimento do sistema radicular da cultura e a percolação vertical da água. Porém, em relação a produtividade, os resultados obtidos demonstram que o manejo proposto não surtiu efeito em um ano com condições climáticas favoráveis.

A continuidade deste estudo se torna interessante, somada a rotação de culturas, prática preconizada pelo SPD, para verificar o comportamento do solo após a implantação de outras culturas, bem como a evolução de atributos do solo utilizando diferentes técnicas de manejo do solo.

4. REFERÊNCIAS

Azevedo, D.M.P., Leite, L.F.C., Teixeira Neto, M.L. e Dantas, J.S., 2007. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 38, n. 01, p. 32-40.

Bernardo, S., Soares, A.A. e Mantovani, E.C., 2009. Manual de Irrigação. Viçosa, Editora UFV, 8ª, p. 39-41, 2009.

Beutler, A.N., Centurion, J.F. e Roque, C.G., 2003. Resistência a penetração em Latossolos: limitante a produção de grãos de soja. In.: 32º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Goiânia.

Beutler, A.N., Centurion, J.F., Roque, C.G. e Ferraz, M.V., 2005. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 29, p. 843-849.

Camara, R.C. 2004. Influência da escarificação do solo sob sistema plantio direto nas propriedades do solo e na cultura da soja. Dissertação (Mestrado) – UPF, Passo Fundo. 85 p.

Camara, R.K. e Klein, V.A., 2005. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. Cência Rural, santa Maria, v. 35, p. 813-819.

Climate-Data, 2016. Informações do clima. 17 out. 2016 . <http://pt.climate-data.org/location/43631/>.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, 2017. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Décimo primeiro levantamento. 26 de agosto de 2017. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_10_11_27_12_boletim_graos_agosto_2017.pdf.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2017. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1011192/1/IndicacoesTecnicasEmbrapa003.pdf>.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FEBRAPDP – Federação Brasileira de Plantio direto e Irrigação, 2016. http://febrapdp.org.br/plantio-direto-o-que-e>.

Girardello, V.C., 2010. Qualidade física de um latossolo sob lantio direto submetido à escarificação de sítio específico e o rendimento da soja. Dissertação (Mestrado) – UFSM. Santa Maria. 98 p

Girardello, V.C., Amado, T.J.C.; Nicoloso, R.S., Hörbe, T,A.N., Ferreira, A.O., Tabaldi, F.M. e Lanzanova, M.E., 2011. Alterações nos atributos físicos de um latossolo vermelho sob plantio direto induzidas por diferentes tipos de escarificadores e o rendimento da soja. Revista Brasileira Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, n. 6.

Girardello VC, Amado TJC, Santi AL, Cherubin MR, Kunz J, Teixeira TG (2014). Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo Argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 38, p. 1234-1244.

Klein, V.A., 2012. Física do solo. Passo Fundo, UPF Editora, 2ª edição, p. 38-44.

Mantovani, E.C., Bernardo, S. e Palaretti, L.F., 2012. Irrigação: princípios e métodos. Viçosa, Editora UFV, 3ª edição, p. 66-71.

Moraes, R., 2016. Resultados do Programa Solo e Produtividade (Palestra). Emater RS- ASCAR, Getúlio Vargas.

Nicoloso, R.S., Amado, T.J.C., Schneider, S., Lanzanova, M.E., Girardello, V.C. e Bragagnolo, J., 2008. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 1723-1734.

Nimer, E., 1989. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, Editora IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2ª, p. 442.

Nunes, M.S., 2014. Comparação de métodos via solo e via demanda evaporativa para manejo de irrigação por Aspersão. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). 102p.

Petter, R. L., 1990. Desenvolvimento radicular da soja em função da compactação do solo, conteúdo de água e fertilidade. Dissertação (Mestrado) – UFSM, Santa Maria.

Pivetta, L.A., Castoldi, G., Santos, G.C. e Rosolem, C.A., 2011. Crescimento e atividade de raízes de soja em função do sistema de produção. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 46, p. 1547-1554.

Reichert, J.M., Reinert, D.J. e Braida, J.A., 2003. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Ciência e Ambiente, Santa Maria, v. 27, p. 29-48.

Suzuki, L.E.A.S., Reinert, D.J., Reichert, J.M. e Lima, C.L.R., 2006. Densidade restritiva ao sistema radicular em função da argila. In.; Anais da 16ª Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Aracajú, Sergipe.

5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

QUALIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE CALDA POR PULVERIZADORES AGRÍCOLAS DE BARRAS

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

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

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

Antonio Sergio do Amaral
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
asamaral@uricer.edu.br

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

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

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

Resumo:*O objetivo deste estudo foi avaliar os pulverizadores de barras quanto as suas características de manutenção, regulagem e qualidade de distribuição de calda usada na atividade agrícola. Foram realizadas avaliações em três pulverizadores de propriedades rurais de municípios do Estado do Rio Grande do Sul. Considerando aspectos como itens de proteção e segurança, adequação e funcionamento do manômetro, tamanho e qualidade do reservatório de calda, filtros, bico de pulverização e estado de conservação do equipamento. Foi possível verificar que todos os pulverizadores acoplados ao sistema de três pontos do trator possuíam manômetro de pressão externo e com funcionamento adequado, enquanto o pulverizador autopropelido apresentava regulagem de pressão no monitor de trabalho na cabine próximo ao posto de operação. Todos os pulverizadores avaliados estavam com as pontas adequadas para a aplicação dos agroquímicos, porémverificou-se que todos os pulverizadores avaliados possuíam algum tipo problema, sendo verificado perda de calda, problemas nos conjuntos de pontas de pulverização e nos sistemas de filtros. Para 33% dos pulverizadores avaliados foi sugerida a substituição de todas as pontas de pulverização. Os produtores foram orientados a fazer a substituição dos componentes que impediam a realização da aplicação da calda com qualidade, bem como efetuar a limpeza de filtros e regulagem adequada.*

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

1. INTRODUÇÃO

A aplicação dos produtos fitossanitários nas lavouras deve utilizar todo o conhecimento científico disponível para aprimorar a denominada "tecnologia de aplicação" que proporcionam a correta aplicação de produtos biologicamente ativos no alvo, em quantidade adequada e visando o mínimo de contaminação ao ambiente (Dornelles et al., 2009).

Porém durante as aplicações podem ocorrer problemas na calibração e uso, advindos da baixa escolaridade dos operadores e da manutenção das máquinas, assim Gandolfo et al. (2013) sugerem que as inspeções periódicas para

averiguação do estado dos pulverizadores agrícolas pode nortear pesquisas e investimentos em orientações de uso e manutenção dos mesmos e segundo Antuniassi e Boller (2011) pode-se reduzir seus custos e promover melhoria das aplicações, reduzindo também o impacto ambiental.

Na região do Alto Uruguai, um estudo identificou que cerca de 20% dos pulverizadores avaliados apresentavam problemas quanto à dose aplicada em comparação com a desejada, e 60% apresentavam variação da dose excessiva entre os bicos da mesma barra de pulverização, indicando a necessidade de se avaliar os pulverizadores utilizados no manejo das áreas agrícolas com frequência regular (Bragagnolo et al., 2016).

Segundo Bertoglio et al. (2016) ao analisar um pulverizador com pontas de pulverização utilizadas por longo período e já desgastadas o coeficiente de variação entre a dose aplicada por cada bico de pulverização foi de 22,78% e após a substituição das pontas e filtros novos o coeficiente de variação reduziu para 1,47%, dentro dos limites tidos como aceitáveis por Dornelles et al. (2009).

Dessa forma torna-se importante a realização da inspeção periódica dos pulverizadores, avaliando seu estado de conservação e funcionamento, visando melhorias no uso, substituição de peças e manutenção adequada. Assim, este estudo tem como objetivo principal avaliar os pulverizadores de barras quanto a suas características de manutenção, regulagem e qualidade de distribuição de calda usada nos processos produtivos e orientar os produtores a realizar manutenções e regulagens periódicas nos pulverizadores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo consistiu na realização de um levantamento da qualidade de regulagem e manutenção de pulverizadores utilizados em propriedades rurais do Estado do Rio Grande do Sul. Foram realizadas visitas a três propriedades: no município de Três Arroios com coordenada geográfica 38°54’20.87”S e 69°54’520.80”W, em Capão Bonito do Sul com coordenada geográfica de 46°20’25.73”S e 68°75’995.71”W, e em Sananduva com coordenada geográfica 41°82’56.51”S e 69°16’293.40”W. As avaliações foram realizadas perante a disponibilidade dos agricultores dispostos a realizar os testes de forma voluntária.

Nas propriedades analisadas, a principal cultura implantada é a soja, sendo utilizado, portanto pulverizadores de barras para o manejo fitossanitário. O método de inspeção da máquina seguiu o proposto por Dornelles (2008), considerando as seguintes variáveis analisadas: dados de identificação da propriedade, tipo de pulverizador utilizado, itens de proteção e segurança, adequação e funcionamento do manômetro, tamanho e qualidade do reservatório de calda, filtros, bico de pulverização, verificações a respeito do trator (a exemplo de ruído, rotação da tomada de potência, etc.).

Os modelos de pulverizadores avaliados foram classificados como pulverizadores de barras montados no sistema de três pontos do hidráulico do trator em Três Arroios com 29 bicos e Sananduva de 37 bicos, e pulverizador de barras autopropelido em Capão Bonito do Sul com 60 bicos.

As visitas às propriedades rurais foram agendadas conforme a disponibilidade dos agricultores, agendando a data e horário para a inspeção. Ao chegar ao local foram efetuados os cumprimentos e apresentadas às pessoas que compunham o grupo para a realização da inspeção. Em seguida aplicou-se um questionário adaptado de Casali et al. (2014) com a finalidade de verificar o nível de instrução do operador, características do equipamento, manutenção e uso. No início da avaliação foram avaliadas as condições gerais da máquina, colocando-se o motor do trator na rotação de trabalho e pressão de pulverização que o produtor utilizou na última aplicação. Após a observação de eventuais vazamentos de calda ou qualquer outro problema com a máquina, além da observação na qualidade visual de distribuição do jato e verificar diferenças ou entupimentos parciais ou totais dos bicos de pulverização, era dado início ao processo de limpeza de todos os filtros, peneiras e pontas de pulverização.

Iniciou-se o levantamento das condições do pulverizador colocando-se o motor do trator na rotação de trabalho e pressão de pulverização que o produtor utilizou na última aplicação. Nesse momento, após a observação de vazamentos de calda ou qualquer outro problema com a máquina, além da observação na qualidade visual de distribuição do jato a fim de verificar diferenças ou entupimentos parciais ou totais dos bicos de pulverização, era dado início ao processo de limpeza de todos filtros, peneiras e pontas de pulverização (Bragagnolo et al., 2016).

Após a remontagem de todos dispositivos se iniciava a coleta de calda, com o pulverizador com as barrar abertas e com o reservatório de calda contendo 2/3 de sua capacidade com água pura, sendo posicionados em cada bico um cano de PVC de 600mm de comprimento e 60mm de diâmetro, conforme descrito em Casali et al. (2015), com a intenção de evitar perdas por deriva e também direcionar o líquido para um recipiente de coleta, deixando-se um espaço livre abaixo do cano de aproximadamente 0,15m afim de facilitar o processo de colocação e retirada do recipiente de coleta (Bragagnolo et al., 2016).

Dado o início da avaliação, a pressão de trabalho era aferida e o pulverizador colocado em operação por cerca de 3 minutos para estabilização do fluxo. Após este período cada balde de coleta era posicionada abaixo do cano condutor sucessivamente a cada 3 segundos em cada ponta de pulverização seguindo uma ordem cronológica da extremidade direita em direção a esquerda da barra do pulverizador. Após um tempo de 3 minutos de coleta para o primeiro balde, iniciou-se o processo de retirada dos baldes também a cada 3 segundos o que gerou uma uniformização de tempo de coleta de água para cada bico de pulverização. Posteriormente os baldes foram pesados em balança de precisão, conforme a metodologia

descrita por Dornelles (2008) e Casali (2012) para minimizar problemas com perdas de líquidos ao se realizar a aferição de volume coletado (Bragagnolo et al., 2016).

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

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as avaliações dos pulverizadores foi possível detectar que possuí uma gama diversa de pulverizadores desde 29 pontas até 60 pontas para aplicação (Tab. 1), com barras de 14 a 30 metros, com regulagem da pressão por manômetros ou então por telas postas na parte interna da cabine, com tanques armazenadores de 600L até 3000L.

Tabela 1. Características dos pulverizadores de barras avaliados utilizados em propriedades rurais da região.

	Pulverizador 1	**Pulverizador 2**	**Pulverizador 3**
Município	Três Arroios	Capão Bonito do Sul	Sananduva
Modelo	Jacto Condor AM/14 600L	Autopropelido 4730	Jacto Condor 800L
Número de pontas	29	60	37
Tipo de ponta	Jacto HYPRO 015F80	ULD 12002	Jacto Cone 3
Filtro de bico (malha)	80 micras	80 micras	80 micras
Dose desejada (Lha^{-1})	150,0	100,0	80,0
Dose Obtida ($L\ ha^{-1}$)	146,6	101,0	60,0
Variação (%)	2,3	1,0	25,0
Coeficiente de variação (%)	5,49	4,87	19,0
Problemas verificados	Pontas apresentando variação na vazão	Filtros com resíduos nas paredes internas e externas	Apresentou problemas com vazamentos, diversas pontas com grande diferença na calda aplicada, restos de produtos nas pontas de pulverização, problemas apresentados nas barras de fixação dos bicos e manchas de óleo nos filtros
Recomendação	As pontas de número 12 e 29 deverão serem substituídas, por outras novas de mesmo modelo	Efetuar a limpeza dos filtros e das pontas de pulverização	Verificar a bomba do pulverizador por estar com vazamentos e ser um dos motivos possíveis das manchas de óleo nos filtros, realizar a troca do conjunto de pontas, efetuar a limpeza do pulverizador após as aplicações a campo e verificar as barras de pulverização

Verificou-se que todos os pulverizadores estavam com as pontas adequadas para a aplicação dos agroquímicos. Porém, identificou-se que 33,3% dos pulverizadores avaliados possuíam algum tipo de perda de calda e que 33,3% dos pulverizadores avaliados possuíam problemas no conjunto de pontas de pulverização, apontando que possuíam modelos diferentes, presença de pontas com desgaste, com isso teve necessidade de substituição por conjunto de pontas novas, considerando CV superior a 10% indicado como limite por Dornelles et al. (2009). No entanto 66,6% dos pulverizadores indicaram que as doses distribuídas estão próximas dos valores esperados pelo produtor.

4. CONCLUSÃO

Dos pulverizadores avaliados cerca de 66,6% possuíam boas condições de trabalho de acordo com as recomendações técnicas, apresentando-se aptos a realizar uma boa distribuição de defensivos agrícolas ao longo da barra. Dos itens inspecionados os que possuíram maiores irregularidades foram às pontas de pulverização, sendo que dentre os três pulverizadores avaliados para apenas um sugeriu-se a substituição de todas as pontas de pulverização. Para outro a sugestão foi apenas a substituição de duas pontas por ocorrer vazão diferente da desejada. Somente um pulverizador teve todas as pontas em condições de trabalho.

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

5. REFERÊNCIAS

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

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

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

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

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

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

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

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

6. NOTA RESPOSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DO HISTÓRICO DE FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA UNIDADE ARMAZENADORA DE GRÃOS EM HORÁRIO DE PONTA

Willian Avozani
Leandro de Mello Pinto
Julio Cezar Brancher
Ricardo Arpini Souza
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS.
willianavozani@gmail.com
leandropinto@hotmail.com
juliobrancher@uricer.edu.br
ricardoarpini@uricer.edu.br

Daiana Meri Tonial Marcon
Universidade Federal de Pelotas, UFPel, R. Gomes Carneiro, 1, Pelotas, RS.
daiatonial@hotmail.com

Resumo. *As unidades armazenadoras de grãos, em época de safra recebem um grande volume de produção, fazendo com que o gasto com energia elétrica alcance índices mais elevados. A análise do consumo de energia em determinados períodos ao longo do dia é de extrema importância, uma vez que este consumo se torna mais custoso para a unidade consumidora de energia. Diante disso, evidencia-se a necessidade de otimização do consumo da unidade armazenadora. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar o histórico de faturas de energia elétrica em horário de ponta em uma unidade armazenadora de grãos localizada no município de Erechim-RS. Com a utilização da ferramenta de controle estatístico de processo foi possível analisar as faturas de energia nos horários de ponta e calcular a média, limites inferiores e superiores de consumo de energia e assim estipular períodos de maior consumo. Verificou-se que a unidade armazenadora de grãos possui um consumo de 9.540 kW por ano, ou seja, R$ 12.689,40 (doze mil seiscentos e oitenta e nove reais com quarenta centavos), sendo equivalente ao custo de consumo de um mês. Para otimizar este consumo é possível efetuar um ajuste de horários de funcionamento de algumas atividades, restringindo o uso de equipamentos, gerando uma economia de aproximadamente R$ 4.821,97 (quatro mil, oitocentos e vinte e um reais e noventa e sete centavos) equivalente a 3,7% do total gasto médio de energia ao longo de todo o ano.*

Palavras-chave: *unidade armazenadora, energia elétrica, consumo, horário de ponta*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com décimo segundo levantamento da safra brasileira de grãos, realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2016), a área plantada alcançou 58,3 milhões de hectares, representando cerca de 0,7% a mais que a safra passada e uma produção estimada em 186,4 milhões de toneladas, demonstrando assim a potencialidade do setor agrícola.

A capacidade de armazenar grandes quantidades de grãos é de suma importância para a cadeia logística de escoamento da produção, devido possibilitar a venda do produto em melhores épocas (maiores preços e menores custos com transporte) e evitando o congestionamento da cadeia em períodos de safra, especialmente nos portos (Gallardo et al., 2010).

Segundo a CONAB (2013), a armazenagem não acompanha o ritmo de crescimento da produção, a capacidade instalada dos armazéns brasileiros encontra-se estagnada. Devido a isso, as unidades armazenadoras instaladas, em época de colheita de grãos recebem um grande volume da produção agrícola, fazendo com que o gasto com energia elétrica alcance índices mais elevados. Sendo possível observar que o consumo de energia elétrica não ocorre de forma equilibrada durante todos os meses do ano, sendo que nos períodos de safra (março, abril, maio e novembro) tem-se recebimento e beneficiamento de grãos, e então o consumo de energia é maior, diferentemente dos demais meses do ano, aonde se pode ter apenas expedição de grãos ou em alguns casos nenhuma atividade.

A análise da demanda de energia elétrica é a base para a avaliação econômica dos projetos de eficiência eletro-energética, pois revela relações entre hábitos de consumo de energia elétrica, úteis ao se estabelecer rotinas de combate ao desperdício (Procel, 2011). Por isso, o conhecimento histórico das referidas demandas faturadas é de grande relevância, pois a partir dele é possível estabelecer um padrão aproximado de consumo, buscando a redução dos gastos referentes à demanda de energia contratada.

Da mesma forma a análise do consumo de energia em determinados períodos ao longo do dia é de extrema importância, uma vez que este consumo se torna mais custoso para a unidade consumidora de energia. Um exemplo disso é o horário de ponta, que consiste no período de três horas consecutives, exceto sábados, domingos e feriados nacionais, definido pela concessionária em função das características de seu sistema elétrico. Em algumas modalidades tarifárias, nesse horário a demanda e o consumo de energia elétrica têm preços mais elevados (Cartilha Energia, 2015).

Desta forma o presente trabalho teve por objetivo analisar o gasto com energia elétrica em horário de ponta em uma unidade armazenadora de grãos localizada no município de Erechim, Rio Grande do Sul, de acordo com o histórico faturado de demanda contratada de energia no período de Janeiro de 2011 à Dezembro de 2016.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Unidade armazenadora de grãos

O estudo foi realizado por meio de dados de uma unidade armazenadora de grãos localizada na região do Alto Uruguai, no município de Erechim, RS. A qual recebe grãos de produtores e de outras unidades menores. Durante os meses de fevereiro e março recebe milho, nos meses de março e abril soja e no mês de novembro trigo.

Sua estrutura física é composta por 7 silos, 3 moegas, 2 linhas de pré limpeza de grãos e uma linha de secagem. As linhas de pré limpeza possuem capacidade de 240 toneladas por hora, a linha de secagem de 120 toneladas por hora, tendo capacidade estática de armazenamento de 54.000 toneladas, mantendo um fluxo médio anual de 65.000 toneladas de grãos.

A demanda contratada pela empresa em questão é de 190 KW de potência, desta maneira, segundo a legislação vigente, enquadra-se dentro da unidade consumidora grupo A no subgrupo A4 representado por tensão de fornecimento variando entre 2,3 KV a 25 KV, sendo que a tensão contratada é de 13,8 KV. E se enquadrada no regime horo-sazonal verde.

2.2 Amostragem e tratamento dos dados

O histórico de dados das faturas de energia, do período de Janeiro de 2011 à Dezembro de 2016, referente à energia utilizada nos horários de ponta foi utilizado para a construção do padrão de consumo de energia. Para isso utilizou-se a ferramenta controle estatistíco de processos, para avaliação da média, limites superior e inferior de consumos de energia, por meio das Equações 1 e 2.

$$LCS=X+A_2R \quad (1)$$

$$LCI=X-A_2R \quad (2)$$

Sendo: LCS o Limite Central Superior; LCI o Limite Central Inferior; X a Média Central;
A2 parâmetro tabelado segundo o número de amostras (Montegomery, 2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O consumo total de energia ativa nos horários de ponta e seu respectivo custo, no período compreendido entre janeiro de 2011 à dezembro de 2016, assim como a média anual, está demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Consumo e custo total de energia ativa em horário de ponta e média anual de janeiro de 2011 à dezembro de 2016.

Período	Consumo (kw)	Custo (R$)
Total dos 6 anos	57.242	76.136,38
Média anual	9.540	12.689,40

Pode-se observar pela Tabela 1 que o consumo total de energia ativa em horário de ponta durante os 6 anos analisados foi de 57.242 kw (cinquenta e sete mil duzentos e quarenta e dois kilowatts) custando para a unidade armazenadora cerca de R$ 76.136,38 (setenta e seis mil cento e trinta e seis reias com trinta e oito centavos). A média de gastos anual, no período em questão, foi de R$ 12.689,40 (doze mil seiscentos e oitenta e nove reais com quarenta

centavos), este valor significa 118% do valor mensal médio de uma fatura de energia da unidade armazenadora, incluindo o horário de ponta e fora de ponta, que é de R$ 10.772,55 (dez mil setecentos e setenta e dois reais com cinquenta e cinco centavos).

Os valores médios gastos de cada mês do período analisado (Xi) com de energia ativa de ponta, a média total anual (Média) e os limites superior e inferior estão demonstrados na Figura 1.

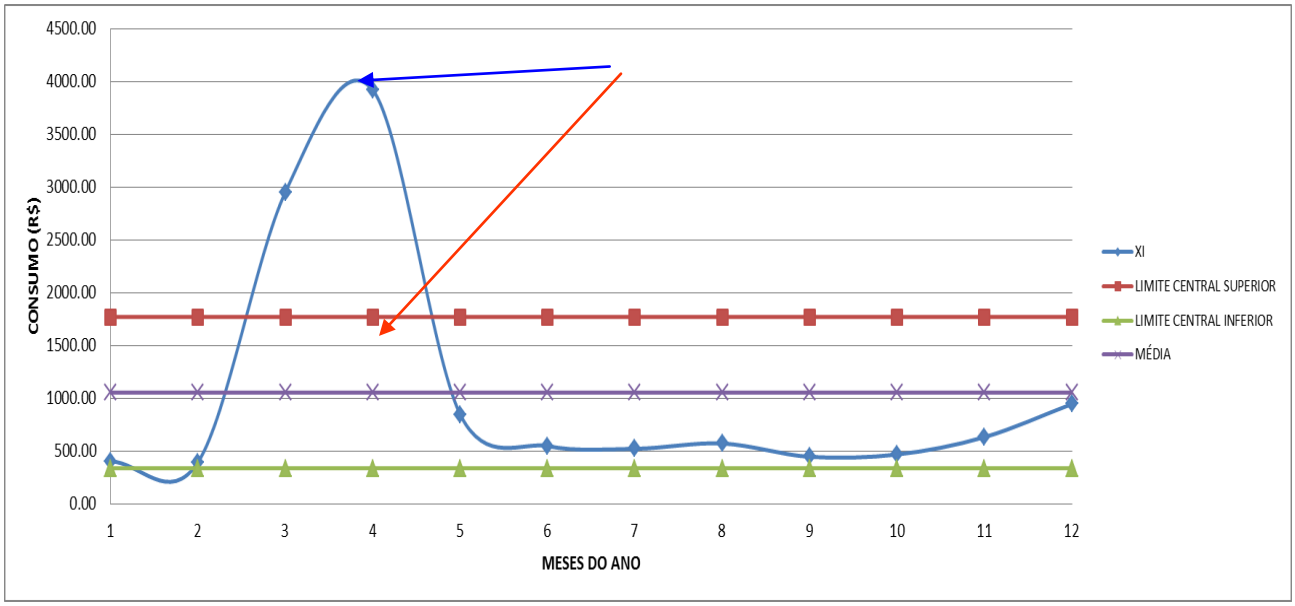


Figura 1. Valores gastos com energia ativa em horário de ponta (R$).

A Figura 1 deslumbra um pico nas faturas de energia nos meses de março e abril (3 e 4), devido ao recebimento e beneficiamento ininterrupto de soja e milho. Demonstrando um consumo de energia significativamente alto no horário de ponta, ou seja, no horário do dia em que o valor do kw de energia é 4 vezes mais caro do que em horário fora de ponta.

Para otimização do consumo de energia ativa de ponta, a unidade armazenadora poderia efetuar um ajuste nos horários de funcionamento de algumas atividades neste horário, restringindo, assim, o uso de equipamentos, como secadores e linhas de pré-limpeza. Esta mudança na rotina de atividades pode reduzir em até 38% o custo anual com este fator, o que significa uma economia de aproximadamente R$ 4.821,97 (quatro mil, oitocentos e vinte e um reais e noventa e sete centavos) de gastos com energia ativa de ponta durante o ano, reduzindo, então, para o valor médio de energia ativa de ponta que é de R$ 1.052,33 (mil e cinquenta e dois reais e trinta e três centavos). Desta forma, ao longo do ano é possível economizar cerca de 3,7% no valor total de energia que é faturado.

4. CONCLUSÃO

A análise dos dados de demanda faturada de energia nos horários de ponta da unidade armazenadora de grãos demonstraram um consumo de 9.540 kw anual, ou seja, gastando R$ 12.689,40 (doze mil seiscentos e oitenta e nove reais com quarenta centavos) por ano, sendo equivalente ao custo de um mês. Para uma otimização deste custo é possível efetuar um ajuste de horários de funcionamento de algumas atividades, restringindo o uso de equipamentos, gerando uma economia de aproximadamente R$ 4.821,97 (quatro mil, oitocentos e vinte e um reais e noventa e sete centavos) equivalente a 3,7% do total gasto médio de energia ao longo de todo o ano.

5. REFERÊNCIAS

Cartilha Energia. 2015. Como analisar gastos com energia elétrica. Ministério do Planejamento. Brasília.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). 2013. Acompanhamento da safra brasileira. 11º Levantamento de Grãos Safra 2012/2013. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). 2016. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2015/16 - Décimo Segundo levantamento. Brasília, v.12, p. 1-182. Setembro.

Gallardo, A. P., Stupello, B., Goldberg, D. J. K., Cardoso, J. S. L. e De Oliveira Pinto, M. M. 2010. Avaliação da Capacidade de Infraestrutura de Armazenagem para os Granéis Agrícolas Produzidos no Centro Oeste Brasileiro.

Montgomery, D. C. 2012. Introdução ao controle estatístico da qualidade. 4ª ed., Rio de Janeiro: LTC.

Procel- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica .2011. Manual de Tarifação da Energia Elétrica. Rio de Janeiro.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Engenharia Civil

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO NA RESISTÊNCIA DE PRISMAS DE BLOCOS ESTRUTURAIS CERÂMICOS E DE CONCRETO

Alan Junior Silvestro
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim – Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
silvestroalan@gmail.com

Gian Marcelo Gaio
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim – Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
giangaio@hotmail.com

Profª Drª Daiane de Sena Brisotto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim – Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
daiabrisotto@uricer.edu.br

Profº Drº Gilson Francisco Paz Soares
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim – Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
gilsonfps@uricer.edu.br

Resumo: *A alvenaria estrutural por ser um método construtivo racional proporciona economia e rapidez às construções. O presente artigo tem como objetivo geral analisar como a espessura da argamassa de assentamento influencia na resistência mecânica de prismas de blocos estruturais cerâmicos e de concreto. Foram realizados ensaios experimentais de compressão uniaxial em prismas assentados com espessura da argamassa de assentamento de 5 mm, 10 mm e 20 mm. Os resultados encontrados para os prismas de blocos cerâmicos, em termos de resistência característica de prisma (fpk), foram os esperados, onde o valor de fpk foi menor que a resistência característica de bloco (fbk), para todas as três espessuras de argamassa de assentamento. Já para os prismas de blocos de concreto, para as espessuras de 10 mm e 20 mm, o valor de fpk foi superior a resistência característica de bloco. Verificou-se que nos prismas cerâmicos e de concreto com espessura de argamassa de assentamento de acordo com a norma (10 mm), as resistências à compressão foram maiores do que as obtidas nos modelos em desacordo com a norma. Os prismas cerâmicos mostraram-se mais sensíveis às alterações de resistência da argamassa de assentamento, uma vez que sofreram maiores variações de resistência mecânica em relação ao bloco.*

Palavras chave: *Resistência mecânica alvenaria estrutural, espessura da argamassa de assentamento, blocos cerâmicos estruturais, blocos de concreto estruturais.*

1. INTRODUÇÃO

O emprego das alvenarias pela homem deriva, num primeiro momento, do empilhamento de rochas fragmentadas e, num segundo momento, dos muros de pedras. Construções milenares permanecem até hoje como testemunhos vivos da história da humanidade e da própria história das alvenarias, como as pirâmides do Egito e o Coliseu de Roma (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), no Brasil os primeiros prédios em alvenaria armada foram construídos em São Paulo, possuindo quatro pavimentos. Em 1972 foram construídos prédios com 12 pavimentos, utilizando-se alvenaria armada de blocos de concreto.

A alvenaria estrutural é um processo construtivo em que a estrutura e a vedação do edifício são executadas simultaneamente, dispensa o uso de pilares e vigas, onde a parede, formada pelos blocos estruturais, tem a função de vedação e estrutura da edificação (TAUIL e NESE, 2010).

Sabe-se que, a resistência à compressão é a propriedade mais relevante para alvenaria estrutural. O bloco tem influência predominante na resistência à compressão, aumentando a resistência da parede com a resistência do bloco (RAMALHO e CORRÊA, 2003). De acordo com Mohamad (1999), a resistência à compressão do bloco é o fator mais importante na resistência à compressão da alvenaria.

Duarte (1999) afirma que a resistência à compressão da argamassa desempenha um papel secundário na resistência à compressão da alvenaria em relação à resistência à compressão dos blocos. Como a argamassa ocupa um volume

aproximado de 20% na parede, aumentos significativos de resistência à compressão da argamassa apenas incidem sobre este percentual de 20% do total da parede.

Além disso, a espessura da argamassa de assentamento dever ser rigorosamente controlada, segundo Sahlin (1971), é plausível considerar uma diminuição da resistência da alvenaria em aproximadamente 15% para cada aumento ou redução de 3 mm na espessura.

Pode-se estimar a resistência das paredes em alvenaria estrutural através dos prismas. Os prismas são confeccionados com dois ou três blocos, unidos por juntas argamassadas (MOTA, 2006).Segundo Hendry (1981), são fatores que influenciam na resistência à compressão dos prismas: resistência dos blocos, resistência da argamassa de assentamento, geometria do bloco, tipo de assentamento e a espessura da junta de assentamento.

2. MATERIAIS

2.1 Blocos estruturais

Os blocos estruturais usados no presente trabalho tinham paredes vazadas, com dimensões 14 cm x 19 cm x 29 cm para os blocos cerâmicos e dimensões de 14 cm x 19 cmx 39 cm para os de concreto. Foram caracterizados determinando-se sua resistência à compressão, dimensões e características geométricas, e todos os ensaios tiveram como base a norma NBR 15270-3 (ABNT, 2005) e NBR 12118 (ABNT, 2010), respectivamente.

Segundo amostragem foram escolhidos 15 blocos aleatoriamente de um lote específico e determinadas suas dimensões (largura, comprimento e altura). Os blocos foram capeados com pasta de cimento, com resistência de 15 MPa para os blocos cerâmicos e 8 MPa para os blocos de concreto, com espessura em torno de 3 mm, sendo o recomendado pela norma.

A argamassa de assentamento utilizada na execução deste trabalho foi uma argamassa industrializada, e sua resistência foi determinada em função do cálculo da resistência característica do bloco (*fbk*).

2.2 Resistência característica do bloco (*fbk*)

Após os blocos terem sido submetidos a caracterização mecânica, através da NBR 6136 (ABNT, 2006), é possível determinar o *fbk* do bloco, sendo a determinação da segurança estrutural da edificação, pois indica a capacidade de carga que os blocos estruturais suportam quando submetidos a forças de compressão, ou seja, determina se os mesmos oferecem resistência mecânica adequada devido à pressão exercida pelo peso da construção.

A Tab 2.1 apresenta os valores de resistência a compressão obtidos na prensa para os blocos.

Tabela 2.1 Resistência à compressão uniaxial.

Amostra	**RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL (MPa)**	
	Blocos cerâmicos	**Blocos de concreto**
1	15,26	3,43
2	14,71	4,61
3	15,19	4,67
4	11,08	7,59
5	10,98	6,25
6	12,35	6,12
7	12,39	7,91
8	12,31	6,25
9	11,28	8,16
10	14,34	7,13
11	14,16	5,59
12	10,31	6,03
13	9,81	6,21
14	13,08	8,35
15	12,81	5,99
Média	12,67	6,29
Desvio Padrão	1,77	1,39
Coef. de Variação (%)	13,96	22,12

Para o cálculo do *fbk*, são considerados os menores valores de resistência, corrigidos por um fator de ponderação, que é determinado em função do número de blocos da amostra.

A Tab 2.2 apresenta os valores de resistência característica para os blocos.

Tabela 2.2 Valores de *fbk*.

	Fbk1 (MPa)	**Fbk2 (MPa)**	**Fbk3 (MPa)**	**Fbk4 (MPa)**	**Fbk (MPa)**
Blocos cerâmicos	9,57	12,67	9,66	9,66	9,66
Blocos de concreto	3,99	6,29	4,03	4,03	4,03

Em função da resistência característica obtida foi possível fazer a correta escolha da argamassa de assentamento para execução dos prismas, sendo assim, foi utilizada uma argamassa de assentamento com resistência de 8 MPa para os blocos cerâmicos e de 4 MPa para os blocos de concreto.

2.3 Métodos de execução de prismas

Primeiramente foi feito o argamassamento entre os dois blocos que compõe o prisma, o mesmo foi feito utilizando argamassa industrializada, com junta de assentamento de 5 mm, 10 mm e 20 mm, para cada tipo de bloco. Após união dos blocos, respeitou-se um período de 24 h de cura.

Após cura, fez-se o capeamento, que consiste em uma argamassa de regularização nas duas faces dos prismas, pós-regularização, os prismas foram armazenados em câmara climatizada, com temperatura de aproximadamente 23º ± 2º e umidade relativa de 65% ± 5%, durante 28 dias, logo após esse período, os prismas foram retirados da câmara e submetidos aos ensaios de compressão uniaxial.

2.4 Compressão uniaxial dos prismas

Os prismas foram posicionados no centro do equipamento de modo que seu centro de gravidade esteja no eixo de carga dos pratos da prensa. Os comandos da prensa foram regulados de forma que a tensão aplicada se eleve progressivamente à razão de 0,05 ± 0,01 MPa/s.

Os prismas foram ensaiados individualmente, recebendo a carga no sentido perpendicular ao seu comprimento, até sua ruptura. Para a realização do ensaio utilizou-se a prensa mecânica para concreto EMIC, modelo PC200CS, com capacidade máxima de 2000 KN, provido de dispositivo que assegura a distribuição uniforme dos esforços no corpo de prova.

A Tab 2.3 apresenta os valores de resistência a compressão obtidos na prensa para os prismas.

Tabela 2.3 Resistência à compressão uniaxial dos prismas.

Prismas	**Espessura de 5 mm**		**Espessura de 10 mm**		**Espessura de 20 mm**	
	Resistência à compressão (MPa)		**Resistência à compressão (MPa)**		**Resistência à compressão (MPa)**	
	Prisma cerâmico	**Prisma de concreto**	**Prisma cerâmico**	**Prisma de concreto**	**Prisma cerâmico**	**Prisma de concreto**
1	5,20	7,28	9,76	6,86	9,19	5,93
2	7,07	6,91	7,80	5,52	7,83	7,47
3	5,26	4,68	6,84	5,14	5,55	5,03
4	5,96	7,56	5,21	4,91	4,26	7,58
5	8,53	4,96	5,51	7,41	4,22	5,27
6	4,30	5,85	5,08	5,16	3,65	6,54
Média	**6,05**	**6,21**	**6,70**	**5,83**	**5,78**	**6,30**
Des. Padrão	**1,52**	**1,22**	**1,84**	**1,04**	**2,24**	**1,08**
C.V. (%)	**25,17**	**19,72**	**27,40**	**17,86**	**38,79**	**17,20**

2.5 Resistência característica do prisma (*fpk*)

Após o ensaio de caracterização mecânica dos prismas, foi possível estimar o valor da resistência característica à compressão dos prismas (*fpk*), que segue um procedimento semelhante ao de determinação da resistência característica à compressão de bloco (*fbk*).

As Tab 2.4 apresenta os valores de resistência característica para os prismas cerâmicos.

Tabela 2.4 Resistência à compressão uniaxial dos prismas cerâmicos.

Esp. junta assentamento (mm)	Fpk1 (MPa)	Fpk2 (MPa)	Fpk3 (MPa)	Fpk4 (MPa)	Fpk (MPa)
5	4,24	3,77	4,24	5,15	4,24
10	4,78	4,25	4,78	5,70	4,78
20	3,61	3,21	3,61	4,92	3,61

Pode-se observar na Tab. 2.4 que os valores de *fpk* encontrados para as três espessuras de argamassa de assentamento foram próximos. Pode-se comprovar o preconizado pela NBR 13281 (ABNT, 2005), que recomenda 10 mm de espessura das juntas de assentamento, uma vez que os resultados encontrados para essa espessura foram superiores aos demais. Para espessura de 5 mm, os resultados encontrados ficaram 11,30% abaixo da resistência do prisma com espessura da junta de assentamento de 10 mm. Já para espessura de 20 mm, os resultados ficaram 24,48% abaixo desta resistência.

Nota-se que os valores de *fpk*, para as três espessuras de junta, ficaram afastados do valor de *fbk* do bloco, que é de 9,66 MPa. A resistência mais próxima, de 4,78 MPa, ficou 50,52% abaixo da resistência do bloco. Essa alta variação no valor de resistência característica mostra a alta sensibilidade do prisma quanto à alteração da espessura da argamassa de assentamento. A Fig. 2.1 mostra os valores de *fbk* e *fpk* para os blocos cerâmicos.

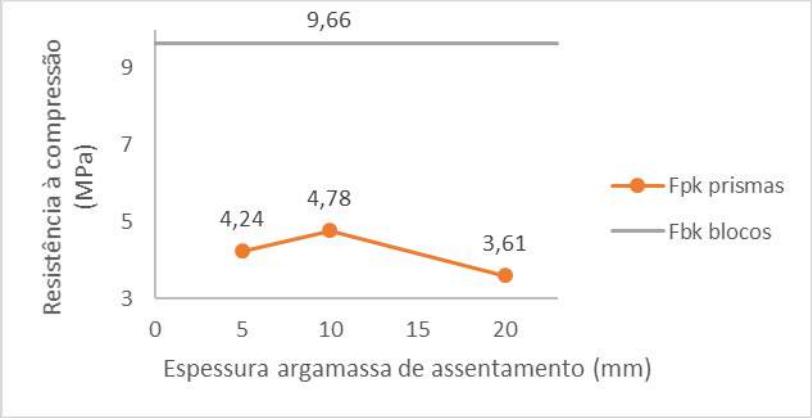


Figura 2.1 Resistência prisma x Resistência bloco cerâmico.

A Tab 2.5 apresenta os valores de resistência característica para os prismas de concreto.

Tabela 2.5 Resistência à compressão uniaxial dos prismas de concreto.

Esp. junta assentamento (mm)	Fpk1 (MPa)	Fpk2 (MPa)	Fpk3 (MPa)	Fpk4 (MPa)	Fpk (MPa)
5	3,79	3,37	3,79	5,28	3,79
10	4,89	4,35	4,89	4,96	4,89
20	4,37	3,89	4,37	5,36	4,37

Pode-se observar na Tab 2.5 que os valores de *fpk* encontrados para as três espessuras da argamassa de assentamento são próximos. Pode-se comprovar o preconizado pela NBR 13281 (ABNT, 2005), que recomenda 10 mm de espessura das juntas de assentamento, onde os resultados encontrados para essa espessura foram superiores aos demais. Para espessura de 5 mm, os resultados encontrados ficaram 22,49% abaixo da resistência do prisma com espessura da junta de assentamento de 10 mm, já para espessura de 20 mm, os resultados ficaram 10,63% abaixo desta resistência.

Nota-se que os valores de *fpk*, para as três espessuras de junta, ficaram afastados dos valores de *fbk* do bloco, que é de 4,03 MPa. A resistência mais próxima, de 3,79 MPa, ficou 5,95% abaixo do valor de *fpk*. Essa variação média no valor de resistência característica mostra baixa sensibilidade do prisma quanto a alteração da espessura da argamassa de assentamento, quando comparado ao bloco cerâmico. A Fig. 2.2 mostra os valores de *fbk* e *fpk* para os blocos de concreto.

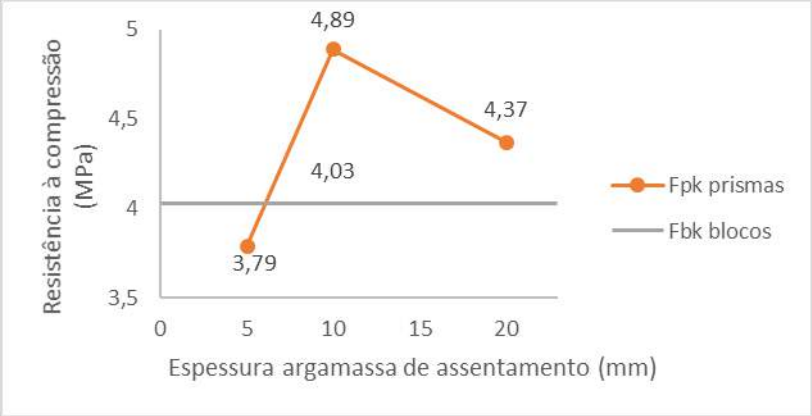


Figura 2.2 Resistência prisma x Resistência bloco de concreto.

A Fig. 2.3 ilustra de forma gráfica as variações de resistência entre os prismas de blocos cerâmicos e de concreto, frente às resistências dos seus respectivos blocos.

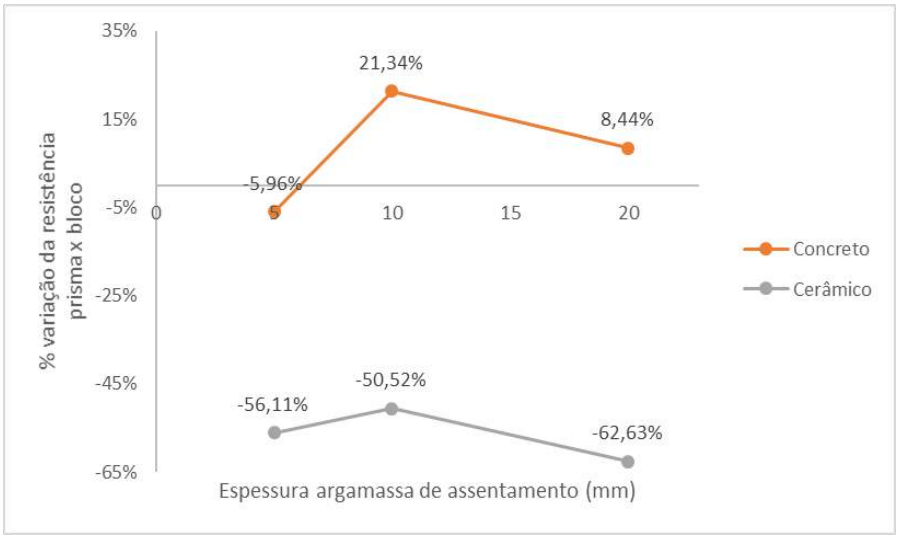


Figura 2.3 Variações de resistências prismas x Blocos.

Pode-se observar na Fig. 2.3, a maior sensibilidade dos prismas cerâmicos em relação aos prismas de concreto, uma vez que, tiveram as maiores quedas de resistências. Para todas as espessuras de argamassa de assentamento utilizadas, as quedas de resistências nos prismas cerâmicos, em relação ao *fbk*, foram superiores a 50%, sendo de 56,11% para espessura de 5 mm, 50,52% para espessura de 10 mm e 62,63% para espessura de 20 mm. Tais resultados estão de acordo com estudos que citam que a resistência de prisma é inferior à resistência do bloco.

Já para os prismas de concreto, queda de resistência ocorreu apenas para a espessura de 5 mm, onde *fpk* ficou 5,96% abaixo do *fbk*. Para as espessuras de 10 mm e de 20 mm, o *fpk* encontrado foi superior ao *fbk*, ficando 21,34% e 8,44% acima, respectivamente. Para confecção dos prismas de espessuras de 10 mm e 20 mm, podem ter sido usados blocos com resistências individuais superiores à resistência característica encontrada. Os resultados podem ser explicados em acordo com a literatura, onde a mesma cita que a resistência da unidade é o fator que mais influência na resistência de prismas.

3. CONCLUSÕES

No presente artigo foi realizado uma análise experimental do desempenho mecânico de prismas de dois blocos estruturais, cerâmicos e de concreto, variando a espessura da argamassa de assentamento. Foram estudadas três diferentes espessuras de argamassa de assentamento para cada tipo de bloco, sendo uma com valor abaixo do indicado por norma (5 mm), uma seguindo a especificação normativa (10 mm) e outra acima do estipulado por norma (20 mm)

Os resultados obtidos da caracterização mecânica de ambos os tipos de blocos mostraram valores de resistências características praticamente iguais aos valores fornecidos pelos fabricantes, com diferença de apenas 0,75% no caso do bloco de concreto e de 3,4% no cerâmico. Tais resultados contribuíram para a maior confiabilidade dos resultados obtidos para os prismas;

Os valores das resistências características dos prismas (*fpk*) foram menores que os dos blocos (*fbk*) para os blocos cerâmicos. Tal fato está de acordo com estudos que citam que a resistência do prisma é inferior à resistência do bloco devido à influência das partes componentes do prisma (bloco, argamassa, geometria, medidas, módulo de elasticidade) sobre sua resistência à compressão. Isto mostra que o comportamento do bloco isolado é diferente do real comportamento de uma parede, sendo de fundamental importância, para um projeto seguro e eficaz, quantificar esta relação;

Para os blocos de concreto, os valores das resistências características dos prismas (*fpk*) foram menores que os dos blocos (*fbk*) somente para os prismas com espessura da argamassa de assentamento de 5 mm, para as demais espessuras, os prismas tiveram resistências características superiores às resistências características dos blocos. Para confecção dos prismas de espessuras de 10 mm e 20 mm, podem ter sido usados blocos com resistências individuais superiores à resistência característica encontrada. Como, de acordo com a literatura, a resistência da unidade é o fator que mais influência na resistência de prismas, este fato pode explicar os resultados encontrados.

As maiores resistências características ocorreram, em ambos os materiais, nos prismas com espessura da argamassa de assentamento de 10 mm (resistência da argamassa dentro dos limites indicados por norma), ou seja, estes modelos de prismas mostraram-se mais resistentes que os demais, em concordância com a indicação da norma;

Os prismas cerâmicos mostraram-se mais sensíveis às alterações da resistência da argamassa de assentamento, uma vez que obtiveram as maiores quedas de resistência mecânica. Isto revela a importância de não se aplicar, empiricamente, a mesma relação de variação de resistência para materiais diferentes;

Os resultados obtidos neste trabalho são muito específicos para condições locais de: equipamentos, clima, mão de obra e características dos materiais (blocos e argamassa industrializada) produzidos pelos fabricantes fornecedores. Entretanto, o que se percebe, sem dúvida, são as tendências teóricas acerca do tema.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 15270-2 *Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos***.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 12118 *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio*. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos*. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 13281 *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos = Requisitos*. Rio de Janeiro, 2005.

DUARTE, R. B. *Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural*. Porto Alegre: ANICER, 1999.

HENDRY, A.W. *Structural Brickwork*. The Macmillan Press Ltd, Londres, 1981.

MOHAMAD. G. Estudo do comportamento triaxial de argamassa. In: *III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas*. Vitória - ES, 1999.

MOTA, J. M. F. *Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão axial em prismas de alvenaria resistente de blocos de concreto*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. *Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural*. Editora PINI. São Paulo, 2003.

SAHLIN, S. *Strucutural masonry*. Pretence-Hall, New Jersey, 1971.

TAUIL, C. A.; NESSE, F. T. M. *Alvenaria estrutural*. Editora PINI. São Paulo, 2010.

5. DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

OTIMIZAÇÃO DE TRELIÇAS METÁLICAS ATRAVÉS DA FERRAMENTA SOLVER

Alessander Martins Reck
Daiane De Sena Brisotto
URI Campus II , RS 331, Erechim - RS
malessander@yahoo.com.br; daiabrisotto@uricer.edu.br

Resumo. Devido a competição de mercado, o engenheiro projetista necessita estar não tão somente interessado em desenvolver um projeto que atenda aos requisitos de desempenho mínimo, mas que seja a melhor alternativa possível. À inexistência de uma receita de bolo perfeita para um projeto estrutural, faz com que o cálculo se baseie em normas técnicas, conhecimento adquirido, tempo gasto em tentativas falhas e, principalmente, intuição de cada projetista. Visando diminuir ou eliminar a dependência de experiência do projetista, surgiu o campo de otimização estrutural, onde através de modelos matemáticos é possível encontrar a configuração ótima para um projeto estrutural de forma rápida e pratica. O objetivo desse trabalho é apresentar uma metodologia para a otimização estrutural de treliças metálicas através da ferramenta Solver e planilhas do Excel. Pode-se afirmar que a metodologia proposta neste trabalho mostrou valida, onde através da otimização área da seção transversal e posição dos nós das barras de uma treliça metálica simples, alcançou-se resultados bastante satisfatórios, com uma redução de 75% em relação a configuração inicial.

Palavras chave: *Otimização. Treliças Metálicas. Solver.*

1. INTRODUÇÃO

Conforme Coutinho (2006), até meatos do século passado os projetos de engenharia muitas vezes eram considerados um tipo de "arte" no, qual exigia-se grande capacidade e experiência do projetista para solução dos problemas. Atualmente, em virtude da competição tecnológica, faz-se necessário a busca por projetos com maior redução no tempo de concepção, qualidade aprimorada, maior funcionalidade e condições econômicas garantidas, sendo a busca da excelência uma atividade inerente ao exercício da Engenharia.

Com o avanço da engenharia surgiu o conceito de estrutura ótima, conceito empregado no processo de otimização estrutural. O conceito de estrutura ótima é subjetivo, ficando a critério do projetista o processo de escolha dos parâmetros que definem a qualidade da estrutura.

O processo de concepção de uma estrutura ótima é tratado pelo campo de otimização estrutural, o qual lança mão de técnicas matemáticas na busca de obtenção de melhor configuração estrutural, segundo restrições pré-definidas. Na engenharia as restrições geralmente estão ligadas a questões estéticas, normas técnicas ou desempenho do material, sendo que o objetivo na grande maioria das vezes é minimizar custos da estrutura.

O presente trabalho tem como enfoque o processo de otimização de treliças metálicas, visando minimizar as dimensões das seções transversais das barras treliçadas, juntamente com o processo de mudança da posição dos nós das mesmas, na busca pela configuração com menor volume de aço, ou seja, a estrutura mais econômica, seguindo os requisitos normativos de dimensionamento e restrições arquitetônicas.

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado a ferramenta Solver do Excel, também chamada de ferramenta de teste de hipóteses, que possui como função principal encontrar um valor ideal de uma fórmula disposta em uma célula de uma planilha do Excel, respeitando limites, restrições e valores definidos.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho, visando confirmar a possibilidade de otimização de estruturas treliçadas com a ferramenta Solver, foi otimizada uma treliça simples de aço, com seção transversal circular, bi apoiada, sendo realizada a comparação entre a estrutura original e a otimização em relação ao volume de aço. Para tal, foram implementando no Excel as fórmulas matemáticas de dimensionamento de estruturas de aço, conforme NBR 8800 (ABNT, 2008), bem como uma rotina para o cálculo dos esforços nas barras da treliça através do Método dos Nós.

2.1 Definição do Problema

Neste trabalho foi analisado uma treliça simples de aço bi apoiada, com barras de seção transversal circular. O objetivo do problema de otimização é a minimização do volume de material das barras, ou seja, do peso da estrutura e, consequentemente, do seu custo. A treliça em estudo é apresenta na Fig. 1, sendo a geometria definida em função de sua simplicidade

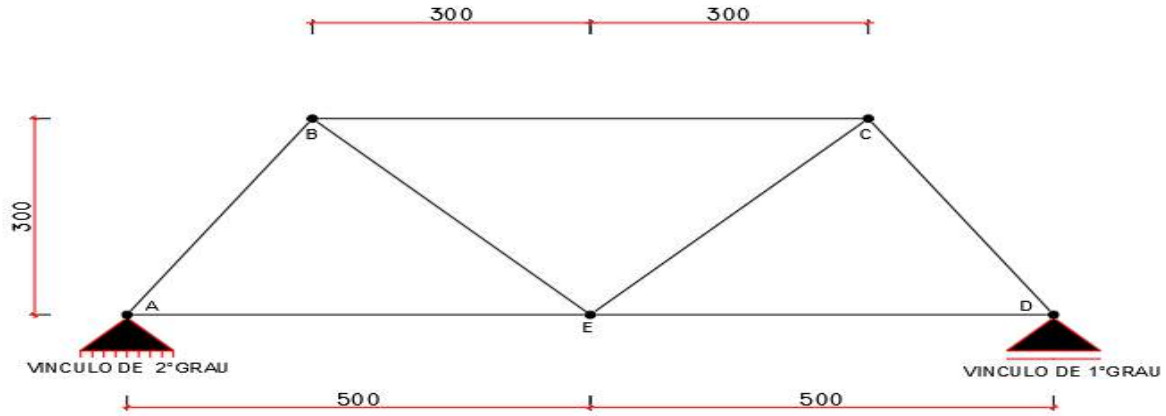


Figura 1 – Treliça proposta para otimização: Geometria.

O diâmetro inicial das barras foi definido buscando satisfazer a condição de esbeltez limite da barra mais longa da treliça, no caso à barra BC, através da Eq. (1). Como esta barra possui comprimento de 6 metros, chegou-se ao diâmetro inicial de 12 cm, o qual foi aplicado para todas as barras. Em relação ao material empregado foram adotadas barras de aço ASTM 36, muito usado em estruturas, com resistência ao escoamento de 25 KN/cm² e resistência à ruptura de 40 KN/cm².

$$\lambda = \frac{L}{r} \leq 300 \qquad (1)$$

onde:
λ = Índice de esbeltez;
L = Comprimento da seção transversal;
r = Raio de giração.

2.2 Carregamento

O carregamento total de cada nó da treliça deve-se ao peso próprio da estrutura, considerado como uma ação permanente e as sobrecargas de utilização, consideradas como ações variáveis. A Fig.2 mostra a treliça com o respectivo carregamento.

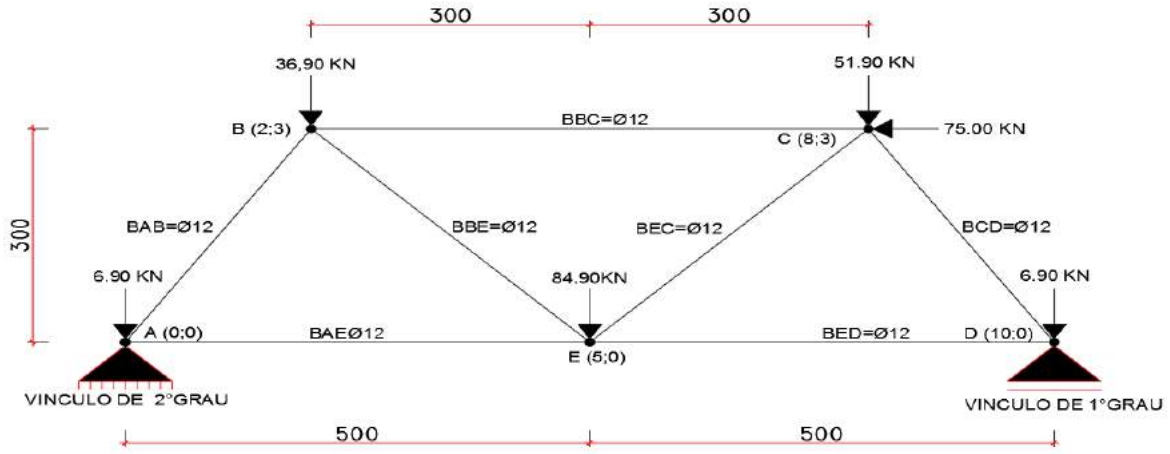


Figura 2 – Treliça proposta para otimização com respectivo carregamento.

O processo de determinação dos esforços da treliça foi realizado utilizando o Método dos Nós, através de uma rotina de cálculo implementada em uma planilha do Excel. Para a realização do processo de determinação dos esforços das barras e mudança de posição dos nós, foram introduzidas coordenadas cartesianas que delimitassem a posição inicial de cada barra, sendo que o nó A foi considerado localizado na origem (0;0).

2.3 Função Objetivo

A expressão que representa a função objetivo do problema é apresentada abaixo:

$$V_t = \sum V_b \tag{2}$$

onde:
V_t = Volume total de aço;
V_b = Volume de aço das barras;

2.4 Variáveis de Projeto

As variáveis de projeto para o problema proposto são o diâmetro das barras da treliça (d) e a posição dos nós das mesmas, ou seja, o comprimento das barras (L). Salienta-se que as posições de alguns nós foram fixadas, afim de garantir que o comprimento do vão AD não fosse alterado, uma vez que seus valores são definidos como uma restrição de projeto.

2.5 Restrições de Projeto

As restrições do problema referem-se aos estados limites impostos pela norma de dimensionamento: o ELU que refere-se a resistência de ruptura da barra quando submetida a esforços de tração ou compressão, e o ELS relacionado às condições de esbeltez limite que devem ser atendidas. Além das restrições referentes aos requisitos mínimo e máximos previstos pela norma de desempenho vigente, também existem as restrições arquitetônicas relativas as posições dos apoios A e D que não devem ser alteradas, a altura da treliça que deve ser constante, ou seja, os nós B e C devem ter a mesma ordenada, bem como o nó E que também não deve ter sua ordenada alterada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela abaixo apresenta o volume das barras da treliça antes e após o processo de otimização do diâmetro das barras e mudança da posição dos nós, bem como a diferença percentual de volume das barras entre as duas situações. Já a Fig. 3 apresenta graficamente o volume inicial e final de cada barra da treliça:

Tabela 1 – Volume das barras da treliça pré e pós-otimização de forma e dimensional

Barra	L Inicial (cm)	ϕ Inicial (cm)	V Inicial (cm^3)	L Final (cm)	ϕ Final (cm)	V Final (cm^3)	Diferença V Inicial e V Final (%)
AB	360,56	12,00	40778,38	367,42	7,78	17485,14	-57,12
AE	500,00	12,00	56548,67	499,44	6,66	17395,19	-69,24
BC	600,00	12,00	67858,40	333,16	7,75	15729,54	-76,82
BE	424,26	12,00	47982,68	226,40	3,02	1620,26	-96,62
EC	424,26	12,00	47982,68	227,42	3,03	1642,21	-96,58
ED	500,00	12,00	56548,67	500,56	6,67	17511,51	-69,03
CD	360,56	12,00	40778,38	367,17	7,34	15550,56	-61,87
	TOTAL		**358477,84**			**86934,42**	**-75,75**

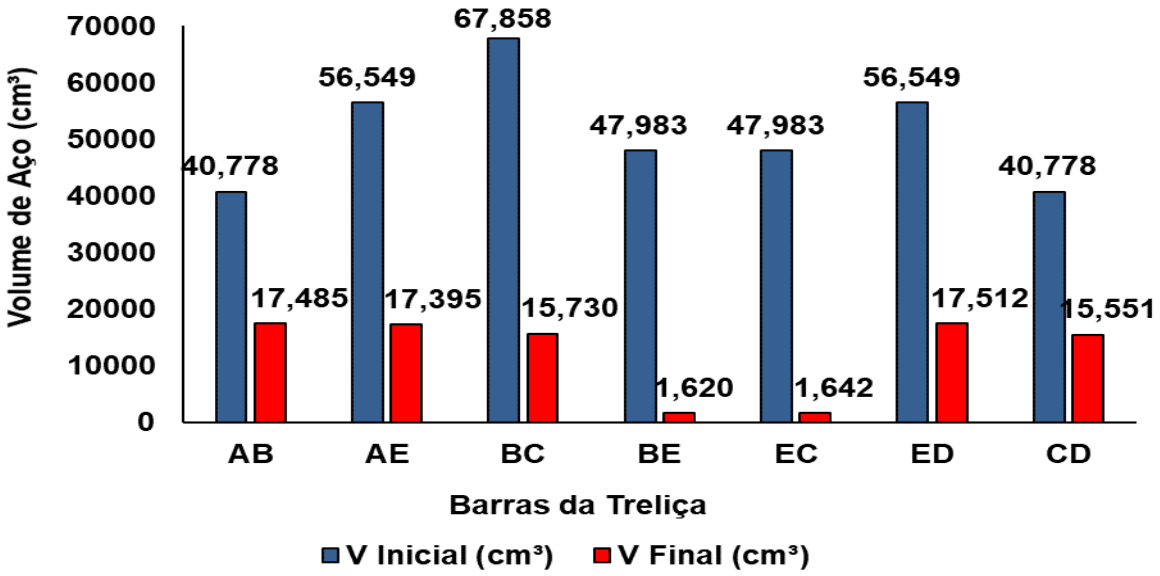


Figura 3 – Treliça proposta para otimização com respectivo carregamento.

Os resultados mostram uma redução de 75,75% no volume de aço após o processo de otimização dimensional e de forma, comparado com o volume inicial das barras. A Fig. 4 apresenta a configuração inicial e final da treliça pré e pós o processo de otimização estrutural.

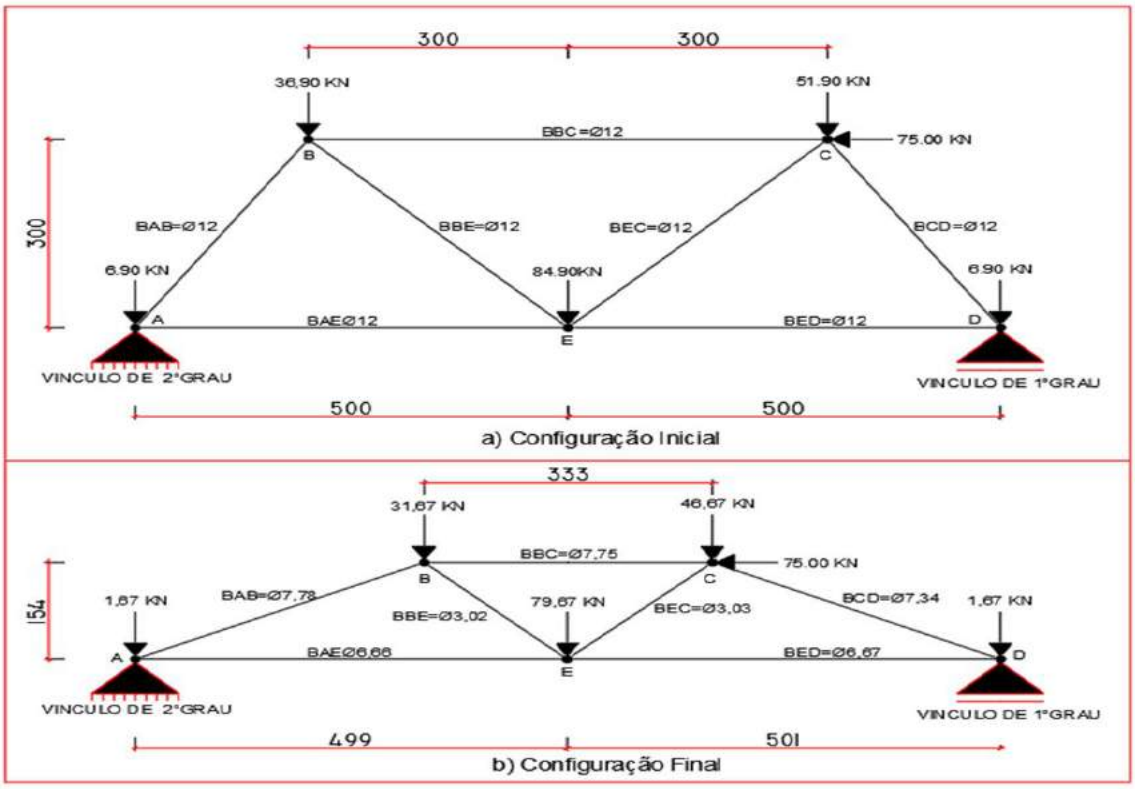


Figura 4 – Comparação entre: a) Configuração Inicial e b) Configuração Final.

O processo de otimização estrutural apresentou resultados bastantes satisfatórios. É possível notar que após a otimização, duas barras (AB e CD) das setes presentes na treliça tiveram aumento no diâmetro em relação ao processo de otimização dimensional. E este aumento foi suprido pela redução no comprimento das barras, resultando em um menor volume de aço em todas as barras. Nota-se que o percentual de 75,75% de redução no consumo de aço foi encontrado com maior facilidade devido não existência de restrições que limitassem a altura mínima da treliça, restrições estéticas ou condições relacionadas a padronização do diâmetro das barras. O processo de otimização atendeu todos os requisitos de dimensionamento e segurança da NBR 8800 (ABNT, 2008).

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho, mostram que a metodologia proposta se mostrou valida, obtendo resultados satisfatórios, no processo de otimização dimensional e de forma de treliças planas, através da ferramenta Solver em conjunto com planilhas do Microsoft Excel, confirmando a eficácia da ferramenta no processo de otimização estrutural, assim como apresentado por Maia (2009) e Argenta (2016).

Nota-se que foi possível atender as condições de segurança definidas pela NBR 8800-2008 que define as condições para dimensionamento de estruturas de aço no Brasil, demostrando que o Solver consegue desenvolver um bom papel na busca da solução ideal de um projeto estrutural, possibilitando economia de material e também de tempo no processo de concepção da estrutura como um todo.

5. REFERÊNCIAS

ARGENTA, L. D. **Otimização dimensional de vigas de concreto.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharias e Ciência da Computação. URI, Rio Grande do Sul, 2016.

COUTINHO, D. K. **Método de otimização topológica em estruturas tridimensionais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Coordenação dos programas de pós-graduação de Engenharia. UFRN, Natal, 2006.

MAIA, J.P. R. **Otimização estrutural: estudo e aplicações em problemas clássicos de vigas utilizando a ferramenta Solver**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. USP, São Carlos, 2009.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR PÓ DE SERRA EM BLOCOS DE CONCRETO COM FUNÇÃO DE ALVENARIA NÃO ESTRUTURAL

Alisson Hian Gernhardt
Gilson Francisco Paz Soares
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Campus de Erechim. RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 - Erechim, RS, Brasil
alisson.hian@gmail.com, gilsonfps@uricer.edu.br

Abstract. *A crescente preocupação com a destinação dos resíduos gerados na indústria madeireira vem abrindo espaços para pesquisas que investigam possibilidades para o seu reaproveitamento. Uma vez que a indústria da construção civil vem investigando e incorporando a reutilização de diversos tipos de resíduos em seus processos, o presente estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade da substituição do agregado miúdo, ou seja, da areia, por pó de serra oriundo das indústrias madeireiras da região norte do Rio Grande do Sul, na produção de blocos de vedação de concreto. O pó de serra coletado foi submetido a tratamentos de mineralização e calcinação antes de serem utilizados na confecção dos corpos de prova. Após as devidas caracterizações dos materiais envolvidos, produção dos blocos com substituição parcial da areia por pó de serra na ordem de 25% e 50% em relação à composição do traço padrão, realização de ensaios de absorção de água, peso específico e resistência à compressão, os resultados indicaram que aos blocos com substituição de 25% de areia por pó de serra mineralizado e os blocos com substituição de 50% de areia por pó de serra calcinado que tiveram valores semelhantes entre si para todos os ensaios, bem como enquadrados nos limites impostos pelas normas aplicáveis. Por fim, é feita a ressalva que os resultados do estudo permitem concluir que há uma tendência à possibilidade de aplicabilidade do pó de serra na produção dos blocos, sendo necessários mais estudos para a sua devida confirmação.*

Keywords: *Resíduos, reutilização, pó de serra, blocos de vedação de concreto.*

1. INTRODUÇÃO

A utilização de blocos de alvenaria no setor da construção civil vem sendo explorado há milhares de anos, desde cerca de 4000 anos A.C. Por volta de 1940 o Brasil importa dos EUA máquinas utilizadas na produção de blocos de concreto. Em torno dos anos 2000 o setor da construção civil no Brasil passa a ter um aquecimento em função dos programas sociais desenvolvidos pelo governo. Este aquecimento gera uma grande demanda de material, a fim de atender a todas as obras que estavam sendo executadas. Aliado a grande demanda de materiais, entre eles blocos de concreto, tem–se também uma grande preocupação com o esgotamento dos recursos. Esta preocupação ambiental tem impulsionado os mais variados estudos e esforços em busca de um reaproveitamento ou reciclagem de resíduos gerados em todos os setores da economia. De acordo com Iwakiri (2005), a viabilidade da produção de compósitos produzidos com fibras ou partículas naturais vem sendo pesquisada há décadas, possuindo uma longa história de aceitação e aplicação na construção civil. Segundo Feitosa (2008), apenas 35% de cada tora é transformado em produto serrado, os outros 65% são desperdiçados, transformando-se em resíduo não aproveitado pela indústria. Neste contexto, propõe-se neste trabalho, a confecção de blocos de concreto com substituição parcial da areia por pó de serra, em blocos de alvenaria não estrutural, visando um reaproveitamento adequado dos resíduos da indústria madeireira da região. Esta pesquisa produziu blocos com 25% e 50% de substituição da areia por pó de serra, calcinado e mineralizado. Além disto, foram analisadas as propriedades de absorção de água, peso específico e resistência à compressao, dos blocos com substituiçao e do bloco sem substituição. Ainda, foi avaliada a eficácia da substituição, quando comparado bloco padrão aos blocos com substituição.

2. METODOLOGIA

Apresente pesquisa foi elaborada em duas etapas, a primeira delas contou com a caracterização do bloco padrão e fabricação dos blocos com substituição. A segunda etapa, por sua vez, contou com ensaios, nos blocos padrão e com substituição, executados de acordo com a NBR 6136/2007 e com a NBR 12118/2010. Os ensaios foram realizados no LAPATEC (Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas) e no LER (Laboratório de Ensaios de Ruptura), ambos laboratóios situados na URI, campus de Erechim.

2.1 Absorção de água

A determinação da absorção de água é contemplada pela NBR 6136/2007. O índice de absorção individual dos blocos deve ser menor ou igual a 10%. Para ensaios de absorção de água, a NBR 6136/2007, determina que sejam utilizados três blocos de concreto, escolhidos aleatoriamente, por lote de até 5000 blocos. Foram necessários para ensaios os seguintes aparelhos:

- Balança com resolução mínima de 10 g e capacidade mínima para 20.000 g.
- Estufa com capacidade para manter temperatura em aproximadamente 110º C

Foram levados os blocos à estufa, em temperatura de 110ºC, durante um período de 24 horas, passado este tempo, submete-se o bloco a pesagem e assim se obtem a massa seca (*m1*) do bloco.

Descoberta a massa seca, leva-se o bloco a um recipiente contendo água, mergulha-se o bloco, até o ponto de ficar completamente submerso. Deve-se deixar o bloco submerso por 24 horas, então retira-se da água e pesa-se o mesmo, obtendo assim a massa saturada (*m2*). Tendo estes valores anotados, faz-se uso da equação (1), descrita abaixo, para se descobrir a porcentagem de absorção.

O valor da absorção de água foi expresso em porcentagem, obtido através da expressão:

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \qquad (1)$$

Onde:
a é a absorção de água [%];
m_1 é a massa do bloco seco em estufa [g];
m_2 é a massa do bloco em estado saturado [g].

2.2 Peso específico

Para determinação do peso específico foi realizada uma adaptação da NBR 6508/1984, sendo necessário para execução do ensaio uma estufa com capacidade para manter a temperatura em 110ºC, uma balança com precisão de 10 g e capacidade de até 20000 g, além disto, foi utilizado um recipiente graduado com capacidade de medida em volume.

Primeiro foi realizada a pesagem do molde de fabricação dos blocos de concreto. Depois de mensurado o peso do molde, perfeitamente limpo e vazio em seu interior, deve-se encher o molde de agua até altura que corresponda à altura nominal dos blocos, esta água foi cuidadosamente despejada dentro do balde graduado, o que permitiu verificar o volume do molde.

Na continuação do ensaio os blocos foram levados à estufa com temperatura de 110ºC e permaneceram por um período de 24 horas, afim de que toda possível umidade presente no bloco fosse retirada. Passado este tempo, os blocos foram submetidos à pesagem a seco encontrando, deste modo, seu peso em gramas.

O peso específico foi calculado com a seguinte equação (2):

$$\rho = \frac{m,1}{V,molde} \qquad (2)$$

Onde:
ρ é o peso específico do bloco [g/cm³];
m,1 é a massa do bloco depois de submetido e secagem em estufa e pesagem [g];
V, molde é o volume do bloco, medido através de seu molde [cm³].

2.3 Resistência à compressão

A norma que especifica os ensaios é a NBR 12118/2010, sendo para os ensaios de resistência a compressão foram utilizadas 12 unidades de blocos de concreto, para lotes de produção com até 5000 blocos, seguindo as orientações da NBR 6136/2007.

Para realização dos ensaios utilizou-se uma prensa equipada com dois pratos de apoio, de aço, um dos quais articulado, que atuam na face superior do corpo de prova. As superfícies dos pratos devem ser rígidas e planas não apresentando desníveis superiores a 0,08mm para cada 400 mm.

A prensa deve possuir também instrumentos que permitam a medida e leitura de carga máxima com tolerância de 2%, e ainda dispositivos que assegurem uma distribuição uniforme dos esforços aos corpos de prova.

Quanto aos corpos de prova, os mesmos devem ser preparados em estado seco, ao ar. É necessário que seja feita uma regularização de suas faces com pastas ou argamassas que sejam capazes de resistir às tensões do ensaio. As faces também podem ser regularizadas em uma retífica adequada..

Todos os corpos de prova devem ser ensaiados de modo que a carga seja aplicada na direção do esforço que o bloco deve suportar durante seu emprego. Deve-se ter o cuidado para que o centro de gravidade do bloco esteja no eixo de carga dos pratos da prensa. Os comandos da prensa devem ser controlados de forma que a tensão aplicada, calculada em relação a área bruta, se eleve progressivamente à razão de 0,5 MPa/s. O processo pode ser melhor interpretado com auxílio da Fig. 2.1.

Figura 2.1 – Aplicação de carga no bloco.

O valor da resistência característica à compressão (*fbk*) será encontrado com a seguinte fórmula:

$$fbk, est = 2 \times \left[\frac{fb_1 + fb_2 + \ldots fb(i-1)}{i-1} \right] - fb(i) \qquad (3)$$

Onde:
i = n/2, se n for par;
i = (n-1)/2, se n for impar;
n é a quantidade de blocos das amostras;
fbk, est é a resistência característica da amostra;
fb(1), fb(2) ....fb(i) são valores de resistência à compressão individual dos corpos-de-prova da amostra, ordenados em ordem crescente.

3. RESULTADOS

A seguir serão apresentados e discutidos os resultados referentes à caracterização granulométrica, análise dimensional, peso específico, absorção de água e resistência à compressão dos blocos padrão e com substituição parcial de agregado miúdo por pó de serra. Os blocos produzidos são os classificados pela NBR 6136/2007 como da família M-15.

3.1 Absorção de água dos blocos padrão e produzidos

Na Tab. 3.1 são apresentados os resultados obtidos dos ensaios de absorção de água para o bloco de concreto com traço padrão e os blocos com substituição de 25% e 50% mineralizados e calcinados. Vale ressaltar que as massas dos blocos, secos e saturados, foram obtidas através da média aritmética dos ensaios de três blocos, para cada traço, separadamente.

Tabela 3.1 - Média da absorção de água dos blocos padrão e com substituição de 25% e 50%, mineralizados e calcinados.

Blocos/Composição do traço	Média da massa seca (g)	Média da massa saturada (g)	Média da absorção de água [%]	Desvio padrão da absorção (%)	Coeficiente de variação da absorção (%)
Bloco Padrão	10430,33	11460,67	9,88	2,1	21,26
Blocos com substituição de 25% (mineralizado)	10553,74	11476,35	8,74	1,89	21,62
Blocos com substituição de 50% (mineralizado)	10116,15	11424,21	12,93	1,58	12,22
Blocos com substituição de 25% (calcinado)	11026,38	11911,60	8,03	1,75	21,80
Blocos com substituição de 50% (calcinado)	10530,87	11544,56	9,63	2,11	21,92

Para o ensaio de absorção a NBR 6136/2007 estabelece limite máximo aceitável em até 10%. Neste caso, entre os blocos fabricados, aqueles com 50% de substituição, fabricados com pó de serra mineralizado, apresentaram um valor acima do estabelecido pela norma. Deve-se observar que a massa do bloco irá influenciar diretamente na carga que a estrutura irá suportar. No caso específico deste bloco, o excesso de saturação elevou a sua massa em 1,308 kg, o que representa um acréscimo de 12,93%. Ainda, sobre este bloco com 50% de substituição (mineralizado), como o mesmo tem um elevado potencial de absorção de água, poderá também ocorrer uma absorção excessiva da água da argamassa de assentamento. Deste modo esta argamassa poderá sofrer uma desidratação precoce, ocasionando uma cura imperfeita e queda de resistência na argamassa de assentamento.

3.2 Peso específico dos blocos padrão e produzidos

Os valores decorrentes dos ensaios de peso específico do bloco padrão e dos blocos produzidos estão apresentados na Tab. 3.2. Vale ressaltar que as massas dos blocos secos foram obtidas através da média aritmética de três blocos, para cada traço separadamente.

Tabela 3.2 – Peso específico médio dos blocos padrão produzidos

Blocos/Composição	Massa média dos blocos secos (g)	Volume médio (cm^3)	Peso específico médio (g/cm^3)	DP do peso específico (g/cm^3)	CV do peso específico (%)
Bloco Padrão	10430,33	3830,02	2,72	0,075	2,75
Blocos com substituição de 25% (mineralizado)	10553,74	3830,02	2,76	0,088	3,19
Blocos com substituição de 50% (mineralizado)	10116,15	3830,02	2,64	0,085	3,22
Blocos com substituição de 25% (calcinado)	11026,38	3830,02	2,88	0,063	2,19
Blocos com substituição de 50% (calcinado)	10530,87	3830,02	2,75	0,057	2,07

DP = Desvio Padrão; CV = Coeficiente de variação;

No caso de concretos vibro prensados, caso dos blocos em estudo, o peso específico serve de parâmetro para avaliar a capacidade de compactação que a vibro prensa oferece a mistura. Quando maior for o peso específico menor será a porosidade do bloco e consequentemente maior será sua resistência. Segundo a NBR 9778/1986 o bloco com peso específico normal está entre 2000 kg/m³ e 2800 kg/m³. Portanto, fazendo a transformação de g/cm³ para kg/m³, pode-se afirmar que apenas o bloco de 25%, de pó de serra calcinado, ultrapassou o limite estabelecido por norma, ficando com peso específico em torno de 2880 kg/m³. Ou seja, quando este é comparado ao bloco padrão, tem-se um acrescimento de 160 kg/m³ e este acréscimo de massa exige que a estrutura de sustentação tenha mais capacidade de suporte, o que acaba resultando em maiores custos na obra.

Por sua vez o bloco com substituição na ordem de 50%, com pó de serra mineralizado, apresentou um redução no peso específico em torno de 3%, quando comparado ao bloco de traço padrão. Isto representa uma redução de peso na ordem de 80 kg/m³, resultando menor carga aplicada sobre os elementos estruturais. No que se refere aos parâmetros estatísticos, todas as amostras podem ser classificadas como homogêneas, visto que seus coeficientes de variação variam entre 2% e 4%.

3.3 Resistência a compressão dos blocos padrão e produzidos

Na Fig. 3.1, são apresentados os resultados obtidos dos ensaios de resistência à compressão para o bloco de concreto, com traço padrão e para os blocos com substituição de 25% e 50% (mineralizados e calcinados). Os valores de resistência aqui apresentados foram obtidos através da média aritmética do ensaio em doze blocos, para cada traço, separadamente, totalizando 60 blocos rompidos, sendo a resistência característica calculada conforme a Eq. 3.

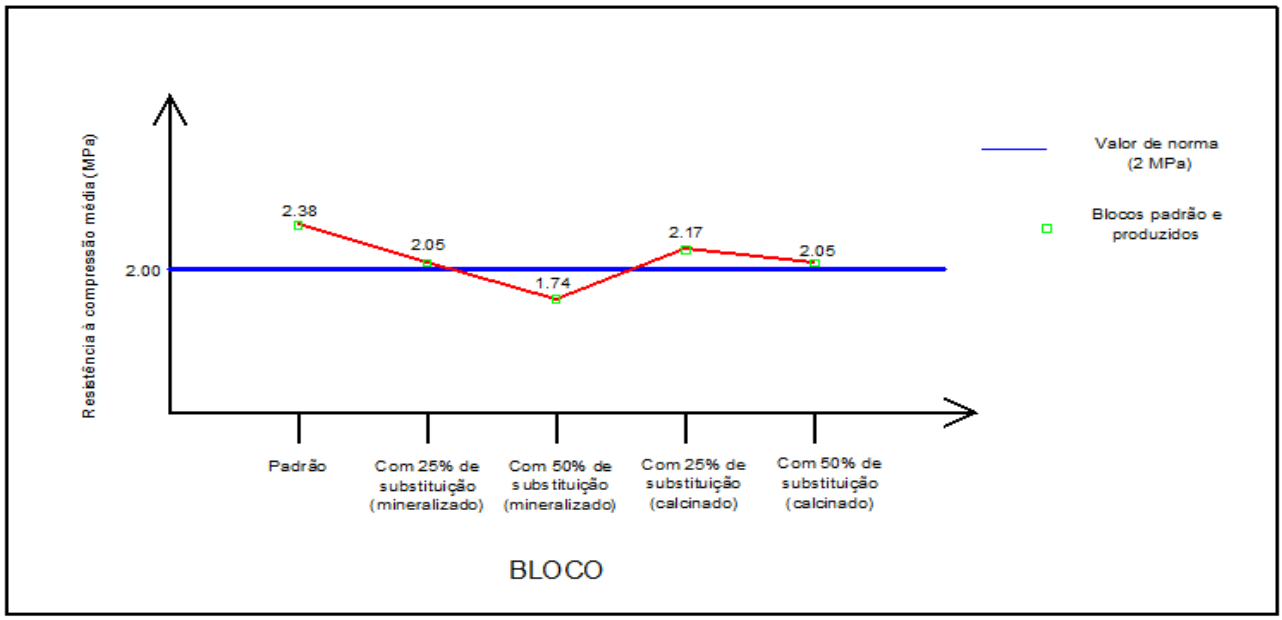


Figura 3.1 – Gráfico comparativo entre as resistências características à compressão dos blocos, padrão e produzidos, e a resistência exigida pela NBR6136/2007.

No que diz respeito à resistência características à compressão do bloco padrão, pode-se afirmar que, apenas o bloco com substituição na ordem de 50%, com pó de serra mineralizado, não atingiu a resistência mínima exigida pelas recomendações da NBR 6136/2007, onde é previsto no mínimo 2 MPa de resistência à compressão, tendo o mesmo atingido o valor de 1,74 MPa. O bloco em questão apresentou uma queda de resistência de aproximadamente 36%, quando comparado ao bloco padrão. Essa falta de resistência pode ter sido influenciada por alguns fatores, tais como: imperfeições na moldagem do bloco, processo de cura inadequado, dosagem ou escolha inadequada no traço dos materiais constituintes do bloco. Uma análise geral destas resistências aponta que os blocos de traço padrão e blocos com substituição, com exceção do bloco com 50% de pó de serra mineralizado, apresentaram resistência a compressão ligeiramente acima de 2 MPa, ou seja, atenderam ao estabelecido por norma, conforme representado na Fig. 3.1.

4. CONCLUSÕES

A Tab. 4.1, apresenta um resumo geral sobre os valores médios obtidos dos ensaios de absorção de água, peso específico e resistência à compressão, que irão auxiliar nas conclusões deste trabalho.

Tabela 4.1 - Valores médios dos ensaios para todas as combinações.

Blocos/Composição do traço	Média da absorção de água (%)	Valor referência da absorção de água (%)	Peso específico médio (g/cm³)	Valor referência do peso específico (%)	Média da resistência à compressão (MPa)	Valor referência da resistência à compressão (MPa)
Blocos Padrão	9,88		2,72		2,38	
Blocos com substituição de 25% (mineralizado)	8,74		2,76		2,05	
Blocos com substituição de 50% (mineralizado)	**12,93**	≤ 10,00	2,64	2,00 a 2,80	**1,74**	≥ 2,00
Blocos com substituição de 25% (calcinado)	8,03		**2,88**		2,17	
Blocos com substituição de 50% (calcinado)	9,63		2,75		2,05	

Permite-se aqui apontar uma tendência de indicação de aplicabilidade e uso aos blocos com substituição de 25% de areia por pó de serra mineralizado e blocos com substituição de 50% de areia por pó de serra calcinado, que tiveram valores semelhantes entre si para todos os ensaios, bem com enquadrados nos limites impostos pelas normas. Entretanto, cabe mais uma vez salientar que os resultados apontam uma tendência, o que permite concluir que esta abordagem inicial ao tema indica que há uma tendência de que os resultados se confirmarem quando forem realizados estudos mais aprofundados, com mais amostras e maior cuidado na confecção de blocos nas dimensões de norma. Sendo assim, recomenda-se à empresa fabricante, investir na realização de mais testes a fim de se ter uma conclusão mais embasada, bem como um estudo de custos para decidir sobre o aproveitamento ou não do pó de serra aqui avaliado.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 6136/2007. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. 9p. Sede ABNT, Rio de Janeiro, 2007.

_____ NBR 12118/2010 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaios. 12p. Sede ABNT, Rio de Janeiro, 2010.

DANTAS FILHO, Flavio Pedrosa - Contribuição ao Estudo Para Aplicação do Pó de Serra da Madeira em Elementos de Alvenaria de concreto Não Estrutural - UNICAMP, 2004.

FEITOSA, B. C. Aproveitamento dos resíduos de madeira no Pará. 2008.Disponível em: <http://www.remade.com.br/pt/revista_materia.php?edição=114&id=1274l>. Acesso em: 05/10/2016.

GRANDI, L. A. C. O uso do pó de serra como material de construção em misturas secas e argamassa. 92f. Tese (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos,1991.

GRANDI L.A.C. Placas pré moldadas de argamassa de cimento e pó de serra. 135p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF. 2005. 247 p.

6. RESPONSIBILITY NOTICE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PROPOSTA DE MELHORIA NA GESTÃO DE PROJETOS, DE UM ESCRITÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL ATRAVÉS DA METODOLOGIA PMBOK

Alisson Jeremias Liotto
URI – Universidade Regional Integrada – Campus II – RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 – Erechim,RS
alisson.jl@hotmail.com

Darci Luiz Kuiawinski
URI – Universidade Regional Integrada – Campus II – RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 – Erechim,RS
kdarci@uricer.edu.br

Resumo. *O setor da construção civil impacta a economia brasileira de forma bastante ampla. A busca constante pela perfeição atrelada à deficiência do setor faz com que as empresas busquem novas formas de controle em seus processos, juntamente com a diminuição dos custos e produção. Desta forma, foi elaborado um referencial teórico apresentando as dez áreas do conhecimento apontadas pelo PMI – Project Management Institute, tendo como referência o Project Management Body of Knowledge (PMBOK). Com o estudo destas áreas foi possível observar quais delas seriam mais benéficas para a empresa, desta forma, foram escolhidas quarto das áreas, para saber: Integração, escopo, tempo e comunicação, criando um modelo de gerenciamento de projeto próprio, para a empresa citada, com o desenvolvimento de documentos de auxílio e controle, criando no escritório uma maior autonomia de execução de suas tarefas*

Palavras-chave: *PMBOK, projetos, gerenciamento, integração, escopo, tempo, comunicação.*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Nascimento e Santos (2003) comparado com outras indústrias, o mercado da construção civil não acompanhou a evolução da gestão. É necessário uma otimização nos processos, na busca de um controle mais eficaz, para não perder a competitividade. Nogueira (2007) explica que a atividade da construção civil impacta a economia brasileira de forma bastante ampla. No entendimento de Polito (2013), o setor está atualmente mais competitivo, e os projetos vêm exigindo maior complexidade e preveem melhores práticas de gestão.

É por isso que as práticas de gerenciamento de projetos vêm ganhando cada vez mais importância, conforme colocado por Vargas (2005) o gerenciamento de projetos é uma serie de ferramentas gerenciais que permitem que a empresa desenvolva um conjunto de habilidades, incluindo conhecimento e capacidades individuais, destinados ao controle de eventos não repetitivos, únicos e complexos, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade predeterminados. Uma de suas características é que pode ser aplicado a qualquer situação onde exista um empreendimento e não é sendo restritos a grandes projetos ou mesmo aqueles muito complexos e de grandes custos.

2. METODOLOGIA

Nesta seção serão descritos os procedimentos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, ilustradas na figura 1. A pesquisa trata da compatibilização de uma gestão de projetos existente em uma empresa, integrando com a metodologia sugerida pelo Guia prático do PMBOK.

Figura 1- Método de trabalho

2.1 Definição do problema, justificativa e objetivo

Na primeira etapa ocorreu a definição do problema, objetivo geral e objetivos específicos, assim como a justificativa, com a utilização de livros, dissertações, artigos, obras bibliográficas;

2.2 Construção do Referencial Teórico do projeto

Nesta etapa procedeu-se a pesquisa do tema abordado como questão de pesquisa, relatando a teoria defendida por alguns autores.

Gil (2002) define pesquisa como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. Torna-se requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema.

Portanto foi tido um nível de aprofundamento médio que propiciou levantar os tópicos interligados com o tema proposto. As fontes de informações foram: livros dissertações, artigos, obras bibliográficas e internet.

2.3 Coleta de dados

Para o processo de coleta de dados foram realizadas entrevistas informais com os escolhidos na amostragem. Conforme Gil (2008), esse tipo de entrevista informal é o menos estruturado possível e só se distingue da simples conversação porque tem como objetivo básico a coleta de dados. O que se pretende com entrevistas deste tipo é a obtenção de uma visão geral do problema pesquisado.

Nesse procedimento foram abordadas questões iniciais onde os entrevistados responderam sobre os aspectos gerais do sistema de projetos, dentro da estrutura da empresa Bruschi Engenharia Ltda. Ainda nesta fase, foi perguntado sobre a natureza, duração e quantidade dos projetos realizados e sobre o ambiente da empresa. Dentre as evidências utilizadas, a observação participante é outro mecanismo que foi utilizado neste trabalho pois, é um tipo especial de observação, na qual o observador deixa de ser um membro passivo e pode assumir vários papéis na situação do caso em estudo podendo participar e influenciar nos eventos. Fachim (2006, p. 39) diz que: "A observação, sob alguns aspectos, é imprescindível em qualquer estágio da pesquisa, pois ela tanto pode filiar-se a outras técnicas de coleta de dados como pode ser empregada de forma independente ou exclusiva". Também foram feitas visitas diárias à empresa, visualizando de perto as atividades desenvolvidas e a forma como são executadas as diversas tarefas que envolvem ou contemplam as atividades inseridas no sistema relacionados a gestão de projetos vigente. Complementando a coleta de dados foram analisados os documentos administrativos, estudos formais, avaliações de plantas, projetos, cronogramas, bem como todos aqueles documentos que tem interferência ou possuem relação com a área de objeto de estudo.

Para a seleção dos entrevistados foi utilizado uma amostragem do tipo intencional, tempo como critério a atuação direta no projeto, o cargo, a relação como o projeto.

2.4 Avaliação e interrelação do sistema de multiprojetos

Nessa etapa foram comparados os resultados obtidos em cada uma das fases da pesquisa conforme citado na etapa anterior.

"Geralmente, o método comparativo aborda duas séries ou fatos de natureza análoga, tomados de meios sociais ou de outra área do saber, a fim de se detectar o que é comum a ambos" (FACHIN, 2006, p. 40).

Diante dos resultados obtidos, foram escolhidas quatro áreas de conhecimento com base no guia PMBOK, que se sobressaem, de forma a apresentar os pontos críticos desfavoráveis, e assim avaliar aspectos semelhantes à estrutura de projetos proposta, ou aqueles que geram maiores dificuldades na gestão atual. Com isso foi proposto uma compatibilização da gestão de projetos atual, levando como base o guia PMBOK.

2.5 Elaboração de uma proposta de melhoria do sistema atual de gestão e projetos

A partir dos dados coletados e analisados, foi elaborado documentos com auxilio do Excel e Word, com intuito de contribuir para a melhoria do sistema atual, gerando um maior controle de forma simples e prática. Será feito uma compatibilização.

Será definido um novo conceito em projetos, com base na metodologia do PMBOK. Ainda, pretende-se mostrar que com a utilização dessa metodologia, mesmo que sem muito investimento, a capacidade de realizar projetos poderá aumentar, apenas fazendo uma reestruturação da gestão existente na empresa, ou seja, procurando atingir as metas.

3. RESULTADOS E DISCUÇÕES

Este trabalho foi executado, com uma pesquisa sobre o gerenciamento de projetos em uma empresa do ramo da construção civil, e teve como objetivo a comparação dos dados descritos nos livros e trabalhos com a gestão aplicada pela empresa.

Com as confrontações dos dados coletados observou-se que a mesma não utiliza nenhuma metodologia de gerenciamento de projetos. Com as visitas realizadas, viu que existe pouca aplicação, ou quase nada das metodologias disponíveis pelos principais autores, relacionados a este tema.

Além disso, foram confrontados os métodos especificados pelo PMBOK, com a empresa estudada, e então escolhidas quatro áreas de conhecimento que se enquadrava com o funcionamento da mesma. As informações foram levantadas junto aos envolvidos, onde se percebeu que essa prática é comum inclusive no momento em que os serviços são repassados para serem executados pela equipe. Isso ocasiona desvios de informações e dados básicos do projeto, como exemplo o tipo de materiais que serão utilizados, enfim perda de dados que poderiam ser evitados com uma metodologia básica.

Portanto foi proposta uma metodologia, para que seja possível dispor de uma gestão de projeto que possa ser aplicada na empresa em questão, de forma simples e prática. Desta forma foi desenvolvida uma sequência lógica, juntamente com documentos que facilitem a obtenção de dados sobre o projeto, além de ajudar no andamento e desenvolvimento das atividades internas da empresa, trazendo assim uma maior organização e controle das atividades.

3.1 Definição das áreas de conhecimento

Dentre as dez áreas de conhecimento citadas no PMBOK, foram escolhidas apenas quatro delas, já que temos um tempo curto de trabalho. Entre as áreas, destacam-se algumas que não teriam tanta necessidade de serem utilizadas, como a área de risco, partes interessadas, recursos humanos, aquisições, custo e qualidade.

Portanto as quatro áreas restantes que serão trabalhadas, para tentar resultados mais expressivos de modo a melhorar o gerenciamento de projetos existente na empresa, são as seguintes:

Gerenciamento da integração: Nas primeiras observações na empresa, era evidenciado que existia falta de informações entre as pessoas envolvidas no projeto, que seriam relevantes para o desenvolvimento do projeto. Estas informações muitas vezes não eram coletadas ou não chegavam a quem precisava, gerando retrabalhos e projetos que não se casavam. Tudo acontecia de forma verbal, nada era oficializado, bem como o encerramento do projeto, que acontecia apenas quando o mesmo era entregue, não havendo controle algum.

Gerenciamento do escopo: Não é observado nada parecido com o descrito na literatura para um gerenciamento do escopo, o escopo define a base para as demais áreas de conhecimento, além do conteúdo do projeto a ser realizado, por isso merece grande atenção.

Gerenciamento do tempo: existe uma grande quantia de projetos que atrasam quando da sua entrega. Analisando basicamente alguns integrantes da equipe são mais sobrecarregados que outros, sendo que muitas vezes o projeto fica parado aguardado recursos humanos. As previsões são chutadas, pois não é disposto de um estudo mais cauteloso e muito menos de parâmetros de projetos anteriores para analisar o ralo do tempo perdido, ou onde o projeto está encontrando maior dificuldade para ser liberado.

Gerenciamento das comunicações: e comunicação flui de forma verbal, sendo que informações de características importantes se perdem no caminho, causando algumas divergências que geram retrabalhos para correções ou são entregues com algum tipo de erro. Existe uma grande perda de tempo para pesquisas de arquivos que possam seguir como base, devido à localização de arquivos em diferentes locais, bem como nenhum tipo de relatório de erros cometidos em projetos passados, já que na maioria dos projetos se tem características bem próximas.

3.2 Gerenciamento de projetos

Foi seguido um modelo de gerenciamento proposto por Vargas (2016) com algumas alterações para melhor aproveitamento na empresa em questão. Para se obter um projeto bem sucedido a equipe de gerenciamento de projetos deve usar os grupos de processo e de planejamento. Os processos de planejamento desenvolvem o plano de gerenciamento do projeto, conforme mais informação são coletadas mais claramente o escopo, e as atividades do projeto que ocorre dentro dele. Baseando nos grupos de processos de planejamento, e conforme os documentos

desenvolvidos neste trabalho, na Figura 2 é apresentada um fluxograma, dos processos de planejamento. Com esse fluxograma é possível ter uma visão de como funcionará a proposta do gerenciamento para a empresa em questão.

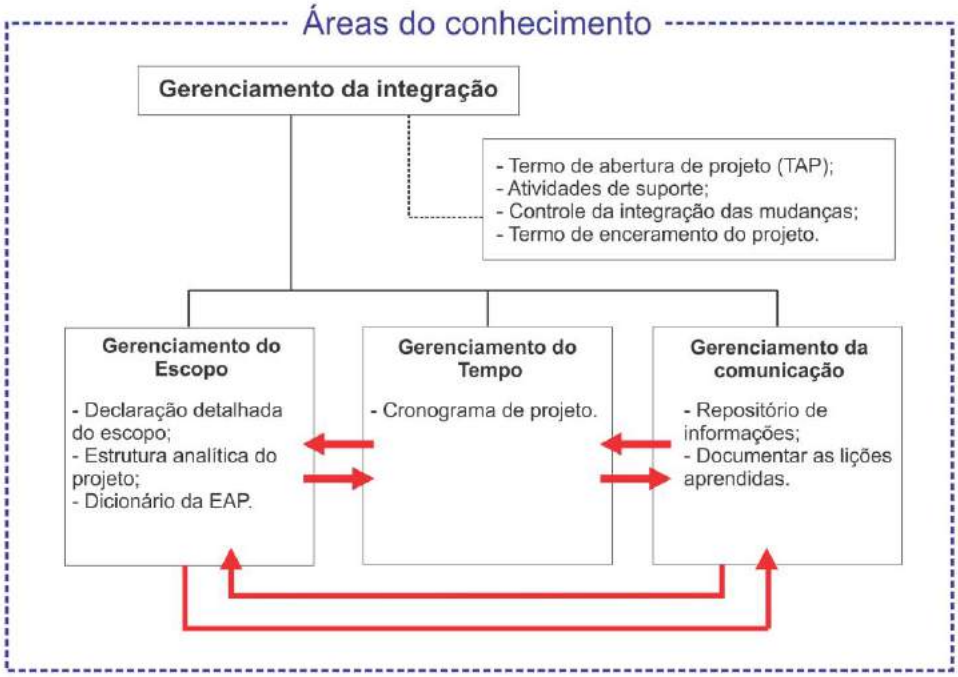


Figura 1 – Fluxograma demostrando o proposto para a empresa.

4. CONCLUSÕES

Com o aumento da competitividade na área da construção civil e a busca constante pelo menor custo de produção, as empresas viram a necessidade de ampliar seus conhecimentos e alavancar seus lucros. Os usos das técnicas de gerenciamento de projetos estão sendo cada vez mais evidenciados para o ramo, sendo alvo de inúmeras pesquisas para um melhor aperfeiçoamento.

Este trabalho foi executado com uma pesquisa sobre o gerenciamento de projetos em uma empresa do ramo da construção civil, e teve como objetivo a comparação dos dados descritos nos livros e trabalhos com a gestão aplicada pela empresa.

A empresa com mais de 20 anos de atividade, parece não ter acompanhado a evolução do gerenciamento dos projetos. As tomadas de decisões, assim como os registros, são feitos no papel e preenchidos manualmente, dificultando a integração entre os setores.

Todas as dúvidas ou soluções no processo de desenvolvimento do projeto demandam muito tempo, além da grande quantidade de erros, e do tempo dispendido com retrabalhos, devido as correções referentes à falta de informações iniciais.

Com as visitas realizadas, observa-se que existe pouca, ou quase nada da metodologia apresentadas pelos principais autores, relacionados a este tema. O que mais caracteriza a gestão de projetos era um formulário de levantamento de informações, que deixou de ser utilizado devido aos profissionais da empresa achar que aquilo só atrasava o projeto, causando muita demora no seu preenchimento. Após os estudos nota-se o quanto essa gestão traz melhorias apenas com boas práticas simples que somam no dia-a-dia da empresa.

Foi observado que alguns erros, considerados pequenos no início, podem causar um efeito dominó, às vezes irreversível ou que ocupe muito tempo para o retrabalho, causando prejuízos evidentes, não só econômicos, mas de imagem gerando a insatisfação dos clientes.

Com a pesquisa, análise e observação da empresa em questão foram verificadas que devido à empresa ser de pequeno porte e que confecciona projetos voltados ao ramo da construção civil, seu gerenciamento é bem concentrado, e seus sistemas, quase que por totalidade não se enquadram nos padrões de gerenciamento proposto pelo PMBOK.

É possível comprovar isto após a confrontação de dados estabelecidos pelo PMBOK. As informações são levantadas junto aos envolvidos, anotações são feitas em quaisquer lugares, acabando por perder muitas informações. Percebe-se que essa prática é comum inclusive no repasse dos serviços a serem executados pela equipe. Isto ocasiona desvios e perda de dados no decorrer do projeto que poderiam ser evitados com uma metodologia básica.

Desta forma, dentre as dez áreas de conhecimento citadas, foram descartadas algumas que não se enquadravam no perfil da empresa, já que a mesma é de pequeno porte e apenas elabora os projetos da construção civil, por isso, não dá utilização de algumas das áreas. Entretanto, outras áreas que trariam benefícios tiveram que ser descartadas, devido ao

tempo curto para a realização deste trabalho, evidenciando quatro áreas que mais trarão beneficio para empresa, que são: Gerenciamento da integração, gerenciamento do escopo, gerenciamento do tempo e por fim o gerenciamento das comunicações. Após um maior aprofundamento destas áreas foi tido absoluta certeza que a empresa não trabalha com uma metodologia comprovada. Demonstrando o quanto é preciso implantar algum tipo de gerenciamento que ajudará no desenvolvimento dos projetos, evitando erros e facilitando o andamento do mesmo.

Tendo em vista o objetivo, foram propostos diversos documentos, que se tornarão rotineiros no escritório, que tem consigo informações relevantes ao processo de desenvolvimento de projetos, orientados pela metodologia utilizada.

Esta serie de documentos auxiliará na coleta de dados, distribuição das informações e controle dos projetos que serão executados, ajudando assim o melhor andamento e desenvolvimento das atividades dentro da empresa. Desta forma será possível ter uma maior organização e controle das atividades, além de descentralizar a administração, tornando que o projeto seja autossuficiente. Também será possível tirar aprendizados e dados relevantes para projetos futuro, servindo de base.

Portanto, foi possível sugerir uma metodologia de gerenciamento de projetos que poderá ser implantada na empresa estudada, de forma simples e prática, pois propor um modelo de gerenciamento de projetos mais completo pode criar barreiras e não ser aceita pelos proprietários tendo em vista que a cultura da empresa pelo que se percebe é de resistência a mudança mais profundas.

Por fim, devido à implantação do gerenciamento proposto neste trabalho deverão ser observadas possíveis melhorias em relação aos projetos. As informações deverão chegar de forma mais instantânea, proporcionando assim, uma integração entre os setores, fazendo com que as tomadas de decisões sejam de forma segura, rápida e objetiva. Isto agregará muito dentro da empresa, evitando vários erros e atrasos, além de uma melhor relação entre os funcionários. Trazendo ganhos significativos dentro e fora de uma organização, pois, interage totalmente com as inovações tecnológicas e tendências de gestão para o futuro.

5. REFERÊNCIAS

FACHIN, Odília. **Fundamentos de Metodologia.** São Paulo: Saraiva, 2006.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 2008.

NASCIMENTO, Luiz Antonio do;SANTOS, Eduardo Toledo. A indústria da construção na era da informação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 30 de mai. 2003. Escola Politécnica Departamento de Construção civil, p. 69.

NOGUEIRA, R. M. C. Diagnóstico do Gerenciamento de projetos nas construtoras da cidade de Recife. 2007. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

PMBOK, Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos, quinta edição, 2008.

POLITO, Giulliano. Gerenciamento de projetos na construção civil predial – uma proposta de modelo de gestão integrada. 13ª Seminário internacional de Gerenciamento de Projetos. São Paulo, 19 set. 2013, p. 1.

VARGAS, R.V. Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos, 6. ed. Rio de Janeiro: Brasport 2005.

VARGAS, R.V. Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos, 8. ed. Rio de Janeiro: Brasport 2016.

6. DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DE PAINÉIS DE FECHAMENTO LEVES QUANDO SUBMETIDOS AO ENSAIO DE RESISTÊNCIA AOS IMPACTOS DE CORPO MOLE

Arine Paula Lüdke
Cristina Vitorino da Silva
URI Campus II , RS 331, Erechim - RS
arine.ludke@erechim.rs.gov.br ; cristina@uricer.edu.br

Resumo. *Com a crescente demanda de novas moradias no país, o mercado da construção civil passou a buscar novas tecnologias construtivas que aumentem a produtividade e reduzam os custos. Passam, então, a ser considerados os sistemas de construção a seco, que apresentam elevado grau de industrialização e geram perdas mínimas, representando uma alternativa econômica e ambientalmente interessante. Visto esse cenário, surge uma nova tecnologia construtiva leve, a seco e modular, que leva aço e poliestireno expandido (EPS) na concepção dos seus painéis de fechamento. Por tratar-se de uma tecnologia nova, são necessários estudos que permitam conhecer o seu desempenho estrutural. Tendo em vista essa necessidade, o presente trabalho faz uma abordagem prática acerca de um importante requisito de desempenho, constante na parte 4 da norma NBR 15.575/2013, para sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE). O objetivo principal deste estudo é conhecer o comportamento estrutural dos painéis que compõe as vedações do sistema construtivo, quando submetidos ao ensaio de resistência aos impactos de corpo mole. Os painéis apresentaram resultados satisfatórios quando submetidos às energias de impacto que avaliavam o estado limite de serviço, através de deslocamentos máximos. Já a avaliação quanto ao estado limite último foi negativa, tendo em vista que os painéis sofreram ruína quando submetidos à energia máxima de ensaio.*

Palavras chave: *Construção a seco; Desempenho; Vedações; Impactos de corpo mole.*

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil no Brasil se caracteriza pelas fortes barreiras culturais e econômicas frente às novas tecnologias construtivas. Em sistemas de vedação, a alvenaria convencional com blocos cerâmicos ainda é a tecnologia mais empregada (FERREIRA, 2015). Isso implica em uma maior geração de resíduos e perdas no canteiro de obras, visto que a alvenaria convencional é forte dependente da qualificação da mão-de-obra, não representando um método industrializado. Paralelo a isso, especialmente devido aos programas habitacionais propostos pelo governo e pelo aumento de crédito, ocorreu um crescimento na demanda de construção de novas moradias. Com isso, passou a ser necessário buscar novas tecnologias que aumentem a produtividade e reduzam os custos. Aliando as questões ambientais à necessidade de otimização dos processos, abre-se espaço aos métodos construtivos a seco, que se caracterizam pelo elevado índice de industrialização e racionalização dos processos (BATISTA, 2011).

Dentre as tecnologias a seco mais empregadas destacam-se o *Light Steel Frame* e o *Wood Frame*, que se diferem, de modo simplista, pelo material empregado no esqueleto estrutural, sendo aço e madeira, respectivamente. Partindo do princípio empregado no *Light Steel Frame* (LSF) aliado à ideia de fácil organização e ampliação visto nas casas *container*, surge uma nova tecnologia construtiva. Produzida com aço nos perfis e no fechamento, aliado a placas de poliestireno expandido (EPS), o novo modelo construtivo ainda se encontra em fase de estudo. Também vale destacar que a publicação da Norma de Desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013) criou uma referência avaliativa para os sistemas construtivos, e, portanto, além de todas as questões ambientais e econômicas, a qualidade passou a receber destaque. Deste modo, para que os novos sistemas construtivos sejam bem recebidos no mercado nacional, ainda será necessário garantir-se em termos de qualidade e custo/benefício.

2. METODOLOGIA

Os painéis de fechamento avaliados neste trabalho são constituídos por uma placa de EPS de 100mm de espessura com chapas de aço laminares em ambos os lados, unidas com cola poliuretano. Como pode ser observado na Fig. 1, o painel tem dimensão de 1.153,6 mm de comprimento, sendo este valor arredondado para a dimensão útil de 1.155 mm.

A altura, conforme o pé direito, é de 2,64 m, medida do piso, em placas de concreto, até a face inferior da viga metálica, onde será colocado o forro, no modelo construtivo que utiliza os painéis.

Figura 1. Medidas do painel

2.1 Sistema de fixação dos painéis

De modo a propiciar uma situação de ensaio a mais próxima possível da real situação a que os painéis estariam submetidos, quando compondo uma vedação, foi desenvolvido um sistema de fixação para eles, utilizando cantoneiras L. As cantoneiras foram concretadas e parafusadas no piso e em uma viga existente na parte superior do laboratório, onde foram feitos os ensaios. A Fig. 2 mostra o sistema de fixação dos painéis.

(a) (b)

Figura 2. Sistema de fixação dos painéis para execução dos ensaios: (a) fixação superior e (b) fixação inferior

2.2 Generalidades do ensaio de resistência aos impactos de corpo mole

O ensaio de resistência ao impacto de corpo mole visa conhecer qual o comportamento das vedações sob eventuais impactos de usuários. A Norma de Desempenho estabelece as energias de impacto e os respectivos critérios de desempenho analisados para cada uma delas, dependendo da composição da vedação, função e posição onde será executado o ensaio. Tendo em vista que os painéis estudados caracterizam-se por serem de composição leve, sem função estrutural e empregados tanto interna quando externamente, foram definidas as energias de impacto necessárias à análise na NBR 15.575-4 (ABNT, 2013). A verificação do estado limite de serviço analisa, a partir das energias de impacto de 120 J e 180 J, deslocamentos máximos instantâneos, logo após o impacto, e residuais, 5 minutos após o impacto. A verificação do estado limite último se dá pela observação da ocorrência de ruína

- ✓ **Impactos:**
  - 360 J – Não ocorrência de ruína (estado limite último)
  - 180 J e 120 J – Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço); limitação dos deslocamentos horizontais para $d_h \leq h/62,5$ e $d_{hr} \leq h/625$.

Para a análise de resistência aos impactos de corpo mole, foram utilizados três painéis com dimensionamento padronizado. O ensaio foi realizado de modo idêntico em cada um deles, conforme as diretrizes indicadas na NBR 15.575-4 (ABNT, 2013), com detalhes apresentados neste trabalho.

2.3 Equipamentos necessários para o ensaio

A maior parte dos equipamentos necessários para a execução do ensaio de resistência ao impacto de corpo mole foram extraídos do item 4 da NBR 11.675 (ABNT, 2016).

a) saco cilíndrico de couro com diâmetro de 350 mm e 900 mm de altura preenchido com areia seca e serragem, com massa de 40 kg;

b) sistema pendular constituído por suporte com altura superior à altura da divisória e corda que sustenta o saco cilíndrico;

c) equipamento para medição simples das alturas de impacto;

d) dispositivo para registro gráfico dos deslocamentos (Fig. 13);

e) papel milimetrado.

2.4 Execução do ensaio

Para o impacto de corpo mole foi utilizado um saco cilíndrico de couro com aproximadamente 350 mm de diâmetro e 900 mm de altura, contendo, no seu interior, areia seca e serragem. O peso total foi de aproximadamente 40 kg, respeitando a tolerância de 400g para mais ou para menos, conforme indicado na NBR 15.575-4 (ABNT, 2013). O saco cilíndrico de couro foi suspenso por um cabo, permitido o seu livre movimento pendular. A Fig. 3 mostra o saco já instalado em frente ao painel.

Figura 3. Saco suspenso por cabo em frente ao painel ensaiado

Conforme indicado na Fig. 4, a projeção do centro de massa do saco cilíndrico de couro deve coincidir com o ponto onde são aplicados os impactos. Levando em conta que a energia é medida pela multiplicação da massa pela gravidade e pela altura, um cálculo simples é realizado para definição das alturas de queda. (ABNT / NBR 11.675, 2016).

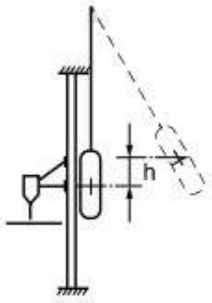


Figura 4. Altura de aplicação dos impactos de corpo mole (ABNT / NBR 11.675, 2016)

Deste modo, temos as seguintes alturas para cada uma das energias:

- 120 J – h = 30 cm
- 180 J – h = 45 cm
- 360 J – h = 90 cm

Para fins de simplificação, foi adotado o valor de 10 m/s² para a aceleração gravitacional.

Com as alturas de quedas já definidas, iniciou-se o ensaio pela energia de 120 J. Primeiro foi medida a altura do chão até o ponto de impacto, salientando que este deve coincidir, sempre, com o centro geométrico do painel. Após, o saco foi afastado até que a altura *h* fosse atingida, somando 30 cm, já deduzidos, à medida do chão até o ponto de impacto. Estando na posição correta, o saco foi solto, permitindo o seu choque contra o painel ensaiado, cuidando para que não ocorressem repiques. Após, foi feita a análise do painel, conforme será abordado no item2.5. Como os impactos são subsequentes, logo após a conclusão da análise do primeiro, o procedimento foi repetido para as demais energias.

2.5 Avaliação do ensaio

Durante a execução do ensaio, foi acoplado no painel um dispositivo para registro gráfico dos deslocamentos, desenvolvido conforme indicação da NBR 15.575-4 (ABNT, 2013).O dispositivo foi fixado no lado oposto àquele que recebeu os impactos. A Fig. 5 mostra o dispositivo instalado no painel, durante a execução do ensaio.

Figura 5. Dispositivo instalado em painel ensaiado

Com a ocorrência do impacto, o dispositivo marca quanto o painel se deslocou de imediato, sendo este o deslocamento horizontal instantâneo. Após algum tempo, o painel tende a retornar ao seu estado inicial e, portanto, é necessário fazer uma nova medição. Neste ensaio, a norma sugere que o tempo, para medir novamente, seja de 5 minutos, resultando, então, no valor do deslocamento horizontal residual.

Como os impactos são subsequentes, ao final de cada um deles foi necessário deslocar o papel milimetrado, utilizado para registro dos deslocamentos, aplicando o próximo impacto em sequência. Além dos registros gráficos, também foi realizada uma inspeção visual na vedação ensaiada, anotando as ocorrências.

As diretrizes para a avaliação da resistência ao impacto de corpo mole encontram-se nas normas NBR 15.575-4/2013, Norma de Desempenho – Edificações Habitacionais, e na NBR 11.675/2016, Divisórias Leves Internas Moduladas – Verificação da Resistência aos Impactos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tab. 1 apresenta os valores de deslocamentos horizontais instantâneos e residuais para as energias de 120 J e 180 J, além dos valores máximos de deslocamento, conforma a Norma de Desempenho.

Tabela 1. Deslocamentos horizontais medidos em cada painel, conforme energia de impacto

Painel	**Energia de Impacto (J)**	**Deslocamento horizontal (mm)**	
		Instantâneo (*dh)*	**Residual** (*dhr)*
1	120	13	0
2	120	12	0
3	120	26	1,5
1	180	25	5
2	180	24	4
3	180	40	8
Deslocamentos limite (NBR 15.575-4/13): $dh \leq h/62,5 \rightarrow h = 2,64$ m $\therefore dh \leq 42,24$ mm $dhr \leq h/625 \rightarrow h = 2,64$ m $\therefore dh \leq 4,22$ mm			

Visto os deslocamentos limites, estabelecidos na NBR 15.575-4 (ABNT, 2013), os três painéis ensaiados apresentaram valores satisfatórios quanto às medidas de deslocamento horizontal instantâneo, em cada uma das energias empregadas. Ao avaliar os deslocamentos horizontais residuais, os painéis se comportaram muito bem quando submetidos à energia de 120 J. Já quando submetidos à energia de 180 J, os deslocamentos residuais se elevaram, chegando a exceder o limite. Os painéis 2 e 3 resultaram em 5 mm e 4 mm, respectivamente, de deslocamento horizontal residual para a energia de 180 J. Considerando que o limite para a altura h = 2,64 m é de 4,22 mm, e que existem diversos fatores que podem gerar pequenos erros no ensaio, é exagerado afirmar que os painéis foram reprovados em tal avaliação. Já no que diz respeito ao painel 3, que apresentou 8 mm de deslocamento horizontal residual, afirma-se que o valor foi insatisfatório, visto que é cerca de 90% maior do que o limite estabelecido.

A análise de estado limite último, que se dá a partir da submissão dos painéis ao impacto de 360 J, foi bastante negativa, tendo em vista que os três painéis reprovaram no ensaio e apresentaram indícios de ruína. Apesar de apresentar padronização dimensional, em comparação aos demais, o painel número 3 mostrou diferenças visíveis que indicaram que seu processo de fabricação foi diferente. A placa de EPS, que integra o painel, estava colada com emendas, não sendo inserida inteira, como nos demais painéis. A Fig. 6 mostra os painéis após serem submetidos ao impacto de 360 J, que analisa a ocorrência de ruína. Conforme pode se observar, o painel número 3 rompeu visivelmente onde havia a emenda da placa de EPS.

(a) (b) (c)

Figura 6. Painéis após ensaio de resistência aos impactos de corpo mole: (a) painel 1; (b) painel 2 e (c) painel 3

Quando das análises visuais de cada um dos painéis, submetidos às energias de 120 J e 180 J, constatou-se que, apesar dos deslocamentos, os painéis não sofreram danos significativos. Foram observadas pequenas deformidades nas placas de aço, entretanto tratavam-se apenas de detalhes com leve prejuízo estético.

4. CONCLUSÕES

Tendo em vista que os painéis não obtiveram resultados satisfatórios no ensaio de resistência aos impactos de corpo mole, se faz necessário buscar alternativas que corrijam suas deficiências. Conforme visto nos resultados, os painéis sofreram ruína quando submetidos à energia de 360 J. Foram observadas deformações excessivas e plásticas, descolamento da superfície da chapa de aço com a placa de EPS, ou ainda rupturas nas placas de EPS.

Considerando que os painéis sofreram uma grande deformação na chapa de aço, uma sugestão de estudo seria o aumento da espessura do mesmo. Também foi observada a fragilidade na ligação entre a chapa de aço e a placa de EPS, onde houve o emprego de cola poliuretano. Ademais, quando da eficácia do produto de ligação, eram observadas, ainda, rupturas nas placas de EPS, comprovando sua baixa resistência mecânica. Apesar disso, o emprego do EPS nos painéis é importante por diversos fatores como, por exemplo, seu ótimo desempenho térmico e acústico, além de ser uma solução sustentável. Sugerir abrir mão do emprego deste material não seria uma opção. Entretanto estudar o acréscimo de outros tipos de materiais, além do aço e do EPS, pode ser uma ideia positiva. Chapas de OSB e compensado, por exemplo, apresentam excelente estabilidade dimensional e capacidade de suportar cargas de impacto. Em sistemas construtivos leves, como o *Wood Frame*, seu emprego se dá, inclusive, como parte estrutural. São utilizadas para garantir resistência a vedações, pisos, telhados e outros (JÚNIOR; GARCIA, 2004). Deste modo, sugere-se estudar a possibilidade de emprego de chapas de OSB ou compensado coladas entre as chapas de aço e as placas de EPS.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11.675: Divisórias leves internas moduladas – Verificação da resistência aos impactos. Rio de Janeiro, 2016.

_____.NBR 15.575-4: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

BATISTA, R. C. Análise estrutural de uma residência constituída por perfis de aço galvanizado de pequena espessura formados a frio segundo o sistema construtivo a seco – Light Steel Framing (LSF). 2011. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 2011, 22 p.

FERREIRA, R. C. L. Concreto de vedações verticais em Light Steel Framing e alvenaria de blocos cerâmicos: Estudo comparativo. 2015. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 2015, 74 p.

JÚNIOR, G. B.; GARCIA, J. N. Propriedades de resistência e rigidez à flexão estática de painéis OSB e compensados. Revista Árvore. Viçosa, v.28 n. 4 p. 563-570, jul./ago., 2004.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TEOR DE SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO CONVENCIONAL POR RESÍDUO DE BLOCOS CERÂMICOS, NA DUREZA SUPERFICIAL DE CONCRETOS EMPREGADOS EM PISOS

Beatriz Schimelfenig
biaschimel@hotmail.com

Natalia Smaniotto Bach
natalia.smaniotto@hotmail.com

Francine Padilha
francine.padilha1609@gmail.com

Cristina Vitorino da Silva
cristina@uricer.edu.br

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

***Resumo**: A construção civil, por utilizar um grande volume de materiais presentes na natureza, necessita que seus processos construtivos estejam em constante estudo com o objetivo de reduzir impactos ambientais e buscar novas técnicas para a produção dos materiais utilizados em grande escala, como o concreto. Quando a aplicação se refere a pisos de concreto, devem ser consideradas algumas propriedades, como a dureza superficial e as resistências mecânicas. Entretanto, tais propriedades acabam muitas vezes comprometidas, em decorrência de problemas vinculados ao projeto, à execução e à dosagem dessas estruturas. Em virtude disso podem ocorrer manifestações indesejáveis, como desgaste superficial por abrasão e a fissuração do compósito. Dessa maneira o desenvolvimento de estudos que buscam avaliar a influência do proporcionamento e tipo de alguns materiais que constituem o traço de concreto, é considerado extremamente relevante; e dentro desse contexto, medidas que propiciem a redução dos resíduos gerados pelo setor da construção civil se mostram eficientes para a evolução desse mercado produtivo.*
***Palavras chaves:** Pisos de concreto, dureza superficial, dosagem, resíduos.*

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente e a escassez de recursos naturais tem levado à busca por alternativas de crescimento mais sustentáveis, como a reciclagem dos resíduos gerados na indústria da construção civil. A reciclagem desses resíduos tem se mostrado uma boa alternativa na redução do impacto causado pelo consumo desordenado de matéria-prima e pela redução das áreas de deposição, em virtude do grande volume de resíduos de construção gerados a cada ano, em todo o mundo.

Senisse (2015) realizou um estudo incorporando agregado reciclado cerâmico (AGRC) em concretos convencionais e observou uma relação direta entre as propriedades mecânicas e o aumento no teor de AGRC nas misturas. A autora justificou tal fato em função das características inerentes ao próprio agregado graúdo reciclado cerâmico, onde a porosidade elevada destes grãos possibilitou uma melhora das características da zona de transição do concreto estudado, assim permitindo uma migração de produtos aglomerantes para o interior do AGRC, majorando a sua resistência mecânica. No entanto, a mesma autora menciona a importância de novos estudos relacionados ao emprego desse resíduo como agregado graúdo em concretos.

Cabe salientar que quando a aplicação se refere a pisos de concreto, devem ser consideradas algumas propriedades, como a dureza superficial e as resistências mecânicas. Entretanto, tais propriedades acabam muitas vezes comprometidas, em decorrência de problemas vinculados ao projeto, à execução e à dosagem do concreto destas estruturas. Em virtude do exposto, podem ocorrer manifestações indesejáveis, dentre as quais encontram-se o desgaste superficial por abrasão e a fissuração do compósito. Uma das metas principais da pesquisa será avaliar a influência da incorporação de resíduos de blocos cerâmicos em concretos dosados para pisos, frente a ensaios mecânicos, de absorção capilar, de exsudação e de dureza superficial, buscando o reaproveitamento desse resíduo com qualidade nos compósitos, a fim de minimizar a tendência ao aparecimento de manifestações patológicas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O concreto é um dos materiais mais utilizados em todo o mundo. Devido a sua elevada empregabilidade, este material está sujeito a deparar-se com diferentes situações, principalmente relacionadas à escolha de seus materiais constituintes, o meio que está inserido e a natureza do elemento estrutural. Contudo, a interação inadequada entre estes parâmetros pode gerar diversos tipos de manifestações patológicas, as quais prejudicam severamente a durabilidade das estruturas.

Quando se trata de pisos de concreto, as presenças de manifestações patológicas são recorrentes, tal problemática pode estar relacionada, além de outros fatores, com o proporcionamento incorreto dos materiais constituintes do traço do concreto, gerando assim fissuras na estrutura (HSIE; TU; SONG, 2008).

Segundo o manual americano ACI 302.1R (ACI, 2004), direcionado para pisos de concreto, manifestações patológicas como a fissura e o empenamento (curling) das placas de concreto, podem ser causados pelas mudanças volumétricas decorrentes do fenômeno da retração. Segundo recomendações desse guia, este fenômeno ocorre até o momento em que não exista mais água, calor ou ambos para serem liberados para o ambiente externo. Além desse fator, a taxa de secagem destas estruturas nunca será a mesma em toda a sua espessura, permitindo com que haja variação na intensidade do fenômeno de retração.

Assim percebe-se que a presença da fissura nos pisos de concreto pode estar relacionada a diferentes fatores, tais como, propriedades dos materiais empregados e composição do traço de concreto entre outros fatores vinculados a projeto e execução.

Neste sentido a realização de esforços, visando, por exemplo, o correto proporcionamento dos materiais constituintes no concreto, com a finalidade de minimizar a tendência de fissuração devido ao fenômeno da retração é extremamente válido, uma vez que auxilia na manutenção da vida útil das estruturas (MEHTA; MONTEIRO, 2006).

3. METODOLOGIA

A metodologia de projetos de experimentos vem sendo aplicada na Engenharia Civil, observando-se uma preocupação crescente dos pesquisadores em comprovar estatisticamente as suas conclusões. Em pesquisas na área de materiais de construção civil, os experimentos geralmente envolvem um grande número de fatores. Portanto, torna-se necessário estudar o efeito de todas as interações possíveis entre esses fatores na variável de resposta (DAL MOLIN; KULAKOWSKI; RIBEIRO, 2005).

Esta pesquisa de iniciação cientifica avaliará a influência da incorporação de resíduos de blocos cerâmicos em concretos dosados para pisos, frente a ensaios mecânicos, de absorção capilar, de exsudação e de dureza superficial, buscando o reaproveitamento desse resíduo com qualidade nos compósitos, a fim de minimizar a tendência ao aparecimento de manifestações patológicas. Para isso serão avaliados dois tipos de cimento (CP II-Z; CP V-ARI) e quatro teores de substituição de resíduo cerâmico (0; 25; 50; 75 %), em concretos com diferentes classes de resistência (25; 40 MPa). Entretanto a pesquisa foi dividida em etapas, primeiramente revisão bibliográfica, juntamente com a caracterização dos materiais que serão utilizados e dosagens experimentais. A próxima etapa se encontra em andamento, onde serão confeccionados corpos de prova para a realização dos demais ensaios propostos na pesquisa. A primeira etapa está concluída e é foco principal deste artigo. Entretanto a etapa em desenvolvimento será tema para futuras publicações.

Cabe salientar que o programa experimental de toda essa pesquisa foi baseado em um planejamento estatístico que permite trabalhar com variáveis de controle em diversos níveis e, posteriormente, utilizar ferramentas estatísticas para analisar a influência de cada variável, bem como a interação entre elas, nas variáveis de resposta. As variáveis dependentes (variáveis de resposta), objeto de estudo, estão relacionadas às características da qualidade do produto, sendo estas a resistência à compressão, absorção capilar, resistência à tração na flexão, dureza superficial e exsudação.

4. RESULTADOS

Neste item serão apresentados os resultados de caracterização dos materiais utilizados, juntamente com a dosagem experimental desenvolvida nesta primeira etapa da pesquisa.

4.1 Caracterização dos materiais

4.1.1 Agregado miúdo

O agregado miúdo que será utilizado consiste em uma areia média quartzosa. O agregado miúdo foi caracterizado quanto às suas propriedades físicas, sendo determinação da massa específica (NBR NM 52/2002), determinação da massa unitária (NM 45/1996), composição granulométrica (NBR NM 248/2003) e absorção de água (NBR NM 30/2001). Os resultados da caracterização física que foi realizada para o agregado miúdo estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização agregado miúdo

AGREGADO MIÚDO		
Abertura das Peneiras (mm)	Média Retida (%)	Média Retida Acumulada (%)
6,3*	0,00	0,00
4,75	0,72	0,72
2,36	8,61	9,33
1,18	20,84	30,17
0,6	15,85	46,02
0,3	19,27	65,29
0,15	23,20	88,49
Fundo*	11,00	99,49
Módulo de Finura		2,40
Dimensão Máxima Característica (mm)		4,75
Absorção da água (%)		0,60
Massa Específica (g/cm³)		2,50
Massa Unitária (g/cm³)		1,55

4.1.2 Agregado graúdo

O agregado graúdo que será utilizado consiste em uma brita basáltica compreendida na zona granulométrica 9,5/25 mm. O agregado graúdo foi caracterizado quanto às suas propriedades físicas, sendo determinação da massa unitária (NBR NM 45/2006), determinação da massa específica e absorção de água (NBR NM 53/2003) e composição granulométrica (NBR NM 248/2003). Os resultados da caracterização física que foi realizada para o agregado graúdo estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização agregado graúdo

AGREGADO GRAÚDO		
Abertura das Peneiras (mm)	Média Retida (%)	Média Retida Acumulada (%)
25*	0,00	0,00
19	8,08	8,08
12,5*	63,74	71,82
9,5	14,69	86,51
6,3*	11,23	97,74
4,75	1,89	99,63
2,36	0,37	100,00
1,18	0,00	100,00
0,6	0,00	100,00
0,3	0,00	100,00
0,15	0,00	100,00
Fundo*	0,00	100,00
Módulo de Finura		6,94
Dimensão Máxima Característica (mm)		25,00
Massa Específica (g/cm³)		2,84
Massa Unitária (g/cm³)		1,64
Absorção de Água (%)		1,43

4.1.3 Agregado de resíduo cerâmico

A redução de tamanho das cerâmicas pode ser realizada por processo de britagem ou moagem, dependendo da granulometria do material. São operações que consomem grande quantidade de energia e peças de desgaste, ou seja, são de custo elevado (GONÇALVES, 2011).

O agregado graúdo reciclado de cerâmica vermelha (ARCV) foi produzido a partir da britagem de rejeitos de blocos cerâmicos, os resíduos de blocos foram coletados de um mesmo lote. O beneficiamento do resíduo utilizado no trabalho foi feito com um britador de mandíbulas macro 050M014, conforme figura 1 (a). Após a britagem do resíduo foi efetuada a redução da amostra com separador mecânico com 12 calhas de iguais tamanhos (NBR NM 27/2001), figura 1 (b), possibilitando que as mesmas representassem o material na sua totalidade. O procedimento foi realizado no LAPATEC da URI – Campus de Erechim.

(a)

(b)

Figura 1 – Beneficiamento do ARCV: (a) Britador de mandíbulas; (b) separador de calhas

O ARCV foi caracterizado quanto às suas propriedades físicas, sendo a determinação da composição granulométrica (NBR NM 248/2003), massa unitária (NBR NM 45/2006), massa específica e absorção de água (NBR NM 53/2009) e determinação do índice de forma (NBR 7809/2008). Os resultados da caracterização física do ARCV são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização do agregado de resíduo reciclado cerâmico

AGREGADO RESÍDUO CERÂMICO		
Abertura das Peneiras (mm)	Média Retida (%)	Média Retida Acumulada (%)
25*	0	0
19	3,74	3,74
12,5*	32,67	36,41
9,5	22,38	58,78
6,3*	26,71	85,49
4,75	11,71	97,2
2,36	2,4	99,6
1,18	0,07	99,67
0,6	0	99,67
0,3	0	99,67
0,15	0	99,67
Fundo*	0,33	100
Módulo de Finura		6,58
Dimensão Máxima Característica (mm)		19
Massa Específica (g/cm³)		2,45
Massa Unitária (g/cm³)		1,03
Absorção de Água (%)		15,66
Índice de forma		2,47

De acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009), o índice de forma dos grãos dos agregados não deve ser superior a 3. Através do método de determinação do índice de forma pelo método do paquímetro para o ARCV, foi obtido 2,47, sendo assim atendida a recomendação da normativa.

4.1.4 Cimentos

Na região sul do Brasil, normalmente especifica-se o emprego dos cimentos Portland composto (CP II), pozolânico (CP IV) ou de alta resistência inicial (CP V-ARI) em projetos de pisos de concreto. Logo, esta pesquisa buscou empregar dois destes tipos de cimento: CP II-Z e CP V-ARI. A Tabela 4 apresenta um resumo das características físicas dos cimentos adotados nessa pesquisa, segundo as respectivas normas brasileiras.

Tabela 4 – Caracterização cimentos

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS CIMENTOS							
Características avaliadas		Tipos de cimento Portland					
		CP II - Z			CP V – ARI		
		Fabricante	Laboratório URI	Exigência da NBR 11578	Fabricante	Laboratório URI	Exigência da NBR 5733
Massa específica (cm³/g)		-	2,95	-	3,09	3,04	-
Expansão a quente (mm)		1,00	-	≤ 5,0	0,00	-	≤ 5,0
Tempo de pega (h: min.)	Início	02:35	-	≥ 1:00	03:15	-	≥ 1:00
	Fim	03:15	-	≤ 10:00	04:00	-	≤ 10:00
Consistência normal (%)		30,00	-	-	30,10	-	-
Finura Blaine (cm²/g)		4.070	-	≥ 3000	5	-	≥ 3000
Resíduo peneira #200µm (%)		0,50	1,51	-	0,20	1,91	≤ 6,0
Resíduo peneira #325µm (%)		4,20	-	-	1,30	-	-

4.2 Dosagem experimental

O método de dosagem utilizado para este estudo foi o IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992), onde os parâmetros utilizados foram a obtenção de um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm, definido com base em especificações de projeto para pisos de concreto. Através deste método determinou-se experimentalmente um teor de argamassa de 54% como sendo o ideal.

Nesta pesquisa foram utilizados dois tipos de cimento, sendo estes os cimentos CP II-Z e CP V-ARI, a dosagem experimental foi realizada para ambos. A Tabela 5 apresenta a dosagem experimental realizada para o cimento Portland composto (CP II-Z) e a Tabela 6 apresenta os valores da dosagem experimental realizada para o cimento Portland de alta resistência inicial (CP V-ARI).

Tabela 5 – Resultados da dosagem experimental para o CPII-Z

Traço unitário (1:m)	Relação água/cimento	Resistência potencial - 28 dias (Mpa)	Consumo de cimento (kg/m³)	H (%)	Abatimento (mm)
3,5	0,39	30,68	491,696	0,088	100
5	0,51	22,88	368,558	0,084	90
6,5	0,66	18,44	291,373	0,088	100

Tabela 6 – Resultados da dosagem experimental para o CPV-ARI

Traço unitário (1:m)	Relação água/cimento	Resistência potencial - 28 dias (Mpa)	Consumo de cimento (kg/m³)	H (%)	Abatimento (mm)
3,5	0,38	43,06	495,072	0,084	90
5	0,47	36,51	373,498	0,078	90
6,5	0,59	25,63	297,29	0,079	90

Com o auxílio das dosagens, foi possível definir a composição dos traços que empregam os dois tipos de cimento, os quais serão estudados mediante a continuidade desta pesquisa.

5. CONCLUSÃO

Segundo Senisse (2010), poucas são as pesquisas desenvolvidas no Brasil nesta área de conhecimento, as quais tem por objetivo, principalmente, a redução de tendências de fissuras dos compósitos cimentícios empregados em pisos, devido ao fenômeno da retração. Somando-se a isto, tem se verificado na prática a ocorrência de inúmeras manifestações patológicas nos pisos de concreto que são produzidos anualmente, logo, constata-se a importância do desenvolvimento desse projeto de pesquisa.

Deste modo, o projeto terá como objetivo principal analisar o comportamento do concreto utilizado para pisos, mediante aos fatores de controles citados anteriormente, para minimizar suas manifestações patológicas e, também, reduzir o impacto ambiental causado pela grande utilização da matéria prima, buscando a sustentabilidade e o reaproveitamento da vasta geração de resíduos causada pela construção civil.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

ACI Committee 302. ACI 302.1R-04 – Guide for concrete floor and slab construction. American Concrete Institute. Farmington Hills, Michigan, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 27: Agregados: Redução da amostra de campo para ensaios laboratório.

_____. NBR NM 30: Agregado miúdo: Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR NM 45: Agregados: Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR NM 52: Agregado miúdo: Determinação da massa especifica e massa especifica aparente. Rio de janeiro, 2003.

_____. NBR NM 53: Agregado graúdo: Determinação da massa especifica, massa especifica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR NM 248: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 7211: Agregados para concretos: Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR 7809: Agregados graúdo: Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

Dal MOLIN, D.C.C.; KULAKOWSKI, M. P.; RIBEIRO, J.L.D. *Contribuições ao planejamento de experimentos em pesquisa de engenharia civil*. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n.2, p 37-49, abr./jun. 2005.

GONÇALVES, M. S. Análise da Viabilidade Técnica de Utilização de Resíduos de Concreto Oriundos da Pré-Fabricação como Agregado Graúdo para a Produção de Novos Concretos. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, São Leopoldo, 2011.

HSIE, M.; TU, C.; SONG, P. S. Mechanical properties of polypropylene hybrid fiber-reinforced concrete. Materiais science and Engineering A, v 494, n. 1-2, p. 153-157, out. 2008.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. 3 ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

SENISSE, J. A. L. Influência do consumo de água, da adição de microfibras de polipropileno e do tipo de cimento nas variações dimensionais de concretos empregados em pisos. 2010. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SENISSE, J. A. L. Estudo do efeito do agregado cerâmico com diferentes porosidades no comportamento mecânico e de retração livre e restringida de concretos, visando o uso de resíduos de construção e demolição como agente de cura interna. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso nesse artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO EM CONCRETOS PARA PISOS INDUSTRIAIS

Beatriz Schimelfenig
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
biaschimel@hotmail.com

Janaine Maria Golfetto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
jana.golfetto@hotmail.com

Francine Padilha
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
francine.padilha1609@gmail.com

Cristina Vitorino da Silva
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
cristina@uricer.edu.br

Resumo: *O concreto é um material utilizado em grande escala na construção civil. Dessa maneira é de grande importância o seu estudo tecnológico, para que possa ser empregado com qualidade e segurança. O piso de concreto é um dos tipos de estruturas que, frequentemente, vem apresentando problemas ou manifestações patológicas. Sabe-se que diversos são os fatores que influenciam na produção de um concreto de qualidade, como as variações do meio em que o concreto está inserido, a escolha e dosagem dos materiais, o elevado consumo de água, as condições impróprias de cura, além de outras falhas no processo de execução e a falta de conhecimento do comportamento dos materiais. Com base nisso, o presente trabalho buscou avaliar a influência das adições de microfibras do polipropileno (0, 300, 600, e 900g/m³) no comportamento mecânico e na exsudação de concretos convencionais empregados em pisos. Os resultados mostram que as microfibras influenciaram de forma significativa a resistência à compressão do concreto, apesar de não ter sido possível estabelecer um comportamento claro desse material em relação à exsudação.*

Palavras chaves: *concreto, piso de concreto, manifestações patológicas, microfibras de polipropileno.*

1. INTRODUÇÃO

O mercado de pisos é um dos que mais cresce no segmento da construção civil, porém estas estruturas ainda sofrem com o grande número de manifestações patológicas que as atingem, comprometendo assim seu desempenho.

Segundo dados da Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho (ANAPRE, 2012[1] apud SENISSE, 2010), dos 35 milhões de m² de pisos e pavimentos de concreto produzidos no ano de 2008, cerca de 22,5 milhões de m² apresentaram algum tipo de manifestação patológica, o que representa 65% destas estruturas. No ano de 2011, ainda de acordo com a Instituição, a produção de pisos subiu para 42 milhões de m², porém não foi estimada a incidência de tais manifestações.

No intuito de minimizar a ocorrência destes problemas, vem surgindo diferentes alternativas e soluções inovadoras no mercado de pisos de concreto. No entanto, a evolução do conhecimento nesse mercado produtivo não acompanha o surgimento destas novas soluções, havendo, ainda, a necessidade de estudos científicos e tecnológicos nesta área.

Portanto, o presente estudo pretende contribuir para o conhecimento do comportamento de concretos empregados em pisos, analisando a influência de diferentes teores de adição de microfibras de polipropileno (0 g/m³; 300 g/m³; 600 g/m³ e 900 g/m³) nas propriedades mecânicas e na exsudação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo o sistema construtivo, os pisos são classificados em piso de concreto simples, quando não são utilizadas armaduras; piso estruturalmente armado, quando são utilizadas armaduras em toda sua extensão; piso reforçado com

fibra de aço, quando esse material faz a substituição das armaduras convencionais, permitindo maior deformação à estrutura; e piso de concreto protendido, caracterizado pela união quase imperceptível das juntas (Rodrigues, 2011).

Já o ACI 302.1R (ACI, 2004) classifica os pisos segundo o tipo de tráfego, o aspecto estético desejado e o tipo de tratamento e acabamento superficial requerido, sendo este tipo de classificação o mais utilizado. Pode-se dizer que essa classificação divide basicamente os pisos em: camada única e camada dupla.

As microfibras têm sido amplamente utilizadas em concreto a fim de melhorar suas propriedades mecânicas e durabilidade. De acordo com Tarr e Farny (2008), a microfibra de polipropileno é um tipo de fibra sintética que tem sido muito aplicada em estruturas de concreto, especialmente em pisos, e muitos pesquisadores têm estudado as propriedades dos compósitos cimentícios com a adição de tal material (Sun; Xu, 2009).

Segundo Chodounsky e Viecili (2007) as microfibras sintéticas de polipropileno (PP) apresentam baixo módulo de deformação se comparadas ao concreto, o que possibilita sua utilização para o controle da fissuração por retração plástica. Para os autores, o teor de microfibra adicionado na mistura, a quantidade de microfibras por quilograma, a relação comprimento/diâmetro e a ancoragem, são parâmetros que influenciam o desempenho das microfibras em materiais cimentícios. Sua adição altera significativamente a microestrutura do concreto através da redução do tamanho e orientação do $Ca(OH)_2$, e diminui os micro vazios. Por isso, quando dosadas corretamente, as microfibras de PP criam uma rede que restringe o crescimento do $Ca(OH)_2$, diminuindo as microfissuras na zona de transição entre pasta de cimento e os agregados, e desta forma, aumentando a resistência e a durabilidade dos concretos (Sun; Xu, 2009; Senisse, 2010).

Senisse (2010) estudou a influência do proporcionamento dos materiais constituintes do traço do concreto (consumo de água, tipo de cimento e adição de microfibras de polipropileno) na tendência de fissuração do material. A autora testou teores de 300g/m³, 600g/m³ e 900g/m³ de microfibras, verificando que tal material não exerce influência sobre a resistência à flexão, porém, houve um aumento significativo na resistência à compressão para os teores de 300g/m³ e 600g/m³, em relação aos demais. Tal fato não era esperado, pois devido às características próprias das fibras, como sua dimensão e seu baixo módulo de elasticidade, elas não exercem influência significativa sobre as propriedades mecânicas, o que se confirma nos estudos de Silva (2011). O ocorrido pode ser explicado pela capacidade das microfibras amarrarem as microfissuras iniciais do concreto, retardando a ruptura dos corpos de prova.

3. METODOLOGIA

O programa experimental desse estudo foi elaborado de modo a possibilitar que se trabalhe com variáveis de controle e, posteriormente, se possa analisar a influência das mesmas nas variáveis de resposta. Este programa tem como objetivo avaliar alguns fatores constituintes do traço de concreto para pisos, de acordo com o esquema da Fig. 1.

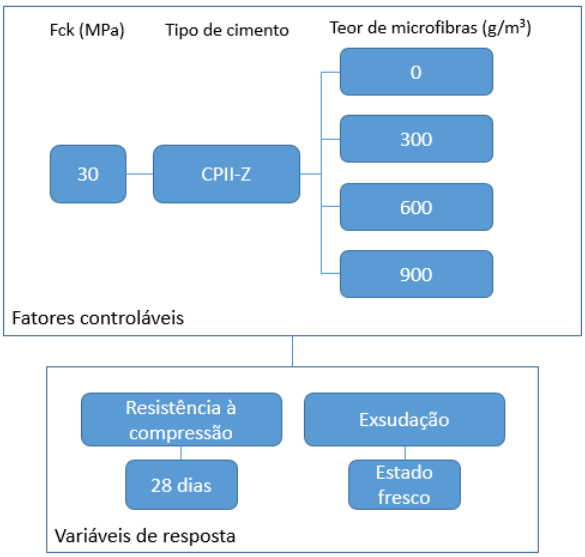


Figura 1: Programa experimental do estudo.

3.1 Materiais utilizados

O cimento Portland utilizado neste trabalho foi o CP II-Z 32 MPa, pelo fato de ser o tipo mais empregado nas obras de pisos na região de Erechim-RS. A caracterização física foi realizada no Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas (LAPATEC) da URI - Campus de Erechim/RS, onde se verificou para determinação da massa

específica (NBR NM 23) um valor de 2,96 g/cm³ e do índice de finura por meio da peneira 75µm (NBR 11579/2013) um valor de 3,01%.

Para o agregado miúdo foi utilizado uma areia natural de origem quartzosa. Este agregado foi caracterizado através dos ensaios de massa específica (NBR NM 52, 2009), massa unitária (NBR NM 45, 2006), composição granulométrica (NBR NM 248, 2003) e absorção de água (NBR NM 30, 2001). Todas as amostras foram submetidas a um processo de quarteamento para posterior execução dos ensaios de caracterização, possibilitando que as mesmas representassem o material na sua totalidade. Os ensaios de caracterização foram realizados no LAPATEC da URI – Campus de Erechim apresentando uma massa específica de 2,60 g/cm³, massa unitária de 1,42 g/cm³, absorção da água de 0,80%, diâmetro máximo de 1,18mm e módulo de finura de 1,47.

O agregado graúdo utilizado neste projeto é de origem basáltica contido nas zonas granulométricas 9,5/25, comercialmente conhecido como brita 1. Os agregados graúdos também foram caracterizados segundo os ensaios de massa específica e absorção de água (NBR NM 53, 2009), massa unitária (NBR NM 45, 2006) e composição granulométrica (NBR NM 248, 2003). Os ensaios de caracterização foram realizados no LAPATEC da URI – Campus de Erechim apresentando uma massa específica de 2,57 g/cm³, massa unitária de 1,36 g/cm³, absorção da água de 2,98%, diâmetro máximo de 19,00mm e módulo de finura de 6,91.

As microfibras de polipropileno, segundo o fabricante, são filamentos extremamente finos produzidos pelo processo de extrusão. As microfibras utilizadas possuem um comprimento de 12mm, diâmetro de 18µm e uma área superficial específica de 244m²/kg. Sua caracterização, de acordo com o fabricante, é densidade relativa de 0,91g/cm³, alongamento 80%, tempo de fusão de 160ºC e temperatura de ignição de 365ºC.

Utilizou-se aditivo superplastificante nas misturas para melhorar a trabalhabilidade e a dispersão das microfibras.

3.2 Dosagem experimental

A dosagem foi realizada pelo método do IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992), onde foram fixados o abatimento do concreto, em 100 ± 20 mm, sendo este definido com base em especificações de projeto para pisos, e o teor ideal de argamassa (α), de 54%, determinado experimentalmente. A Tab. 1 apresenta a dosagem experimental realizada.

Após a dosagem, foi possível determinar o traço do concreto utilizado no estudo, com o auxílio de curvas de dosagem.

Tabela 1: Dosagem experimental.

Traço unitário (1:m)	Relação água/cimento	Resistência potencial - 28 dias (Mpa)	Consumo de cimento (kg/m³)	H (%)	Abatimento (mm)
1:3,5	0,44	35,61	466,53	9,9	80
1:5,0	0,64	23,29	342,74	10,7	130
1:6,5	0,76	16,37	276,6	10,1	100

3.3 Ensaios

3.3.1 Exsudação

O ensaio de exsudação foi realizado com o concreto no estado fresco, seguindo as prescrições da NBR 15558 (ABNT, 2008). Porém o molde para confecção dos CP's foi em PVC, com dimensões reduzidas (200x150 mm), mas respeitando-se a relação entre diâmetro e altura proposta pela Norma. Durante o ensaio os corpos de prova permaneceram em câmara climatizada (UR 60 ± 10% e temperatura de 23 ± 2ºC).

3.3.2 Resistência à compressão uniaxial

O ensaio de resistência à compressão uniaxial seguiu a NBR 5739 (ABNT, 2007). Foram moldados, e ensaiados aos 28 dias, corpos de provas cilíndricos com dimensão100x200 mm. Estes foram adensados em mesa vibratória e permaneceram cobertos por uma lona plástica durante as primeiras 24 horas, a fim de evitar a perda de água do concreto para o ambiente externo. Posteriormente, os corpos de prova foram desmoldados e mantidos em câmara úmida (UR ≥ 95% e temperatura de 23 ± 2ºC) até a realização do ensaio.

4. RESULTADOS

A seguir são apresentados e discutidos os resultados das propriedades avaliadas. Evidencia-se que a análise estatística dos dados do ensaio de resistência à compressão foi feita pelo método da análise de variância (ANOVA).

4.1 Ensaio de exsudação

A Tab. 2 apresenta os dados do ensaio de exsudação, expressos em porcentagem.

Tabela 2: Resultados do ensaio de exsudação.

Traço	Teor de microfibra (g/m³)	Exsudação (%)
1	0	2,067
2	300	1,839
3	600	3,736
4	900	3,895

A adição de 300 g/m³ de microfibra foi a que obteve melhores resultados, reduzindo a exsudação em aproximadamente 11%, se comparada com o traço sem adição. Já os traços com teores mais elevados, 600 g/m³ e 900 g/m³, esse parâmetro aumentou em 80,7% e 88,4%, respectivamente. Tal comportamento pode ser mais bem visualizado na Fig. 2.

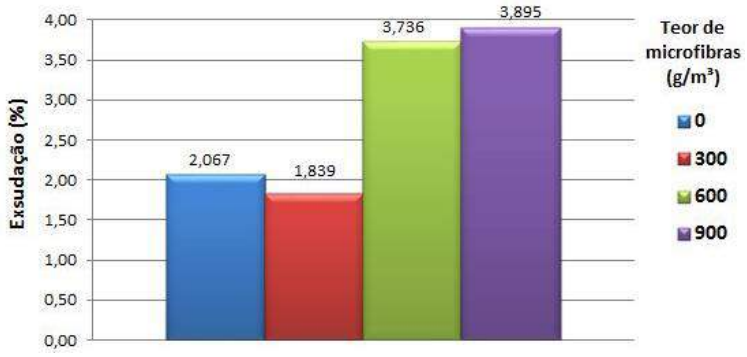


Figura 2: Quantidade de água exsudada.

De acordo com o Boletim Técnico Nº 3 da Fitesa (2002), as microfibras de polipropileno são materiais hidrofóbicos, portanto, ao serem adicionadas ao concreto, atuam como barreiras, dificultando a saída da água. Tal fato explica a redução da quantidade de água exsudada para o teor 300 g/m³. Por outro lado, a orientação dos filamentos desse material pode formar caminhos preferenciais para a saída da água, elevando o teor de exsudação, o que pode ter ocorrido nos concretos com adição de 600 g/m³ e 900 g/m³ de microfibra. No entanto, essa orientação só poderia ser confirmada através de uma análise microscópica do compósito cimentício.

Ainda assim, não é possível determinar uma tendência clara no comportamento das microfibras, nos concretos avaliados, no que diz respeito à exsudação. Dessa forma, não se pode afirmar que o material influencia essa propriedade, o que condiz com os resultados encontrados por Silva (2011). Para se obter resultados mais precisos e determinar o comportamento real das microfibras, seria necessário aumentar o número de amostras ensaiadas.

4.2 Ensaio de resistência à compressão uniaxial

Os resultados médios obtidos para a resistência à compressão uniaxial são mostrados na Tab. 3.

Tabela 3: Resultados do ensaio de compressão uniaxial.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL				
Traço	Teor de microfibras (g/m³)	Médias (MPa)	Desvio padrão	CV (%)
1	0	29,21	0,38	1,31
2	300	29,17	1,49	5,12
3	600	38,97	1,57	4,02
4	900	35,61	1,32	3,70

De acordo com a análise estatística ANOVA, as microfibras influenciaram essa propriedade de forma significativa, como pode ser visto na Tab. 4. A representação gráfica desse comportamento é apresentada na Fig. 3.

Tabela 4: Análise de variância para resistência à compressão uniaxial.

	GDL	MS	F	P	Significância
Teor de microfibra	3	82,64	42,507	0,000005	S
Erro	10	1,94			

GLD = graus de liberdade; MS = média simples; F = valor calculado de F;
P = nível de significância; S = valor significativo; se P<5%, valor significativo.

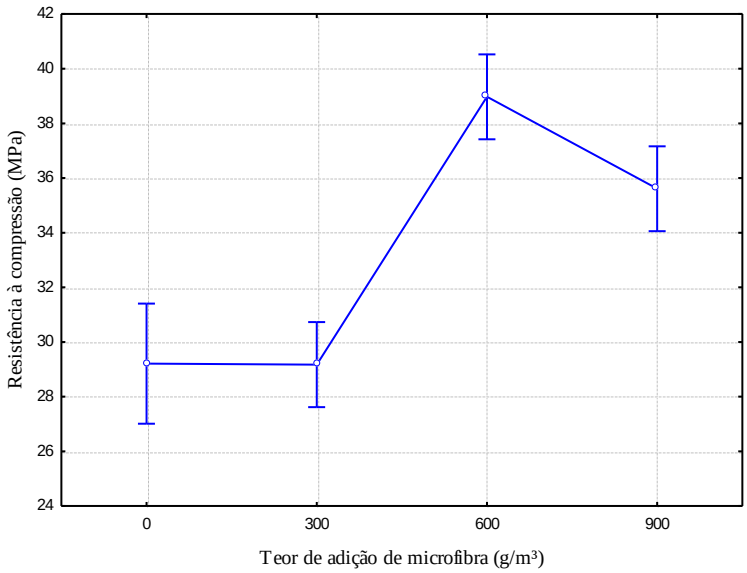


Figura 3: Efeito do teor de microfibra na resistência à compressão uniaxial do concreto.

Por meio da figura observa-se que os teores de adição de 600 g/m³ e 900 g/m³ de microfibra apresentaram melhor desempenho, aumentando a resistência do concreto em 33,4% e 25,3%, respectivamente, quando comparados ao traço sem adição do material. Porém, o teor de 300 g/m³ se manteve estatisticamente igual ao traço referência.

Tal resultado não era esperado, uma vez que diversos estudos, como o de Silva (2011) e o de Richardson (2006), comprovaram que, por possuírem baixo módulo de elasticidade, as microfibras não exercem influência significativa nas propriedades mecânicas,

Entretanto, para os materiais e o teor de aditivo utilizado, as microfibras podem ter retido mais água na zona de transição, atuando como pontos de nucleação, o que possibilitou maior hidratação das partículas de cimento presentes nessa zona, melhorando a coesão e resultando em ganhos de resistência. O que também pode ter contribuído para o aumento da resistência foi o fato de esse material ter a capacidade de amarrar as microfissuras iniciais do concreto, retardando a ruptura dos corpos de prova, como o ocorrido no estudo de Senisse (2010).

5. CONCLUSÃO

Não foi possível determinar uma tendência clara da influência das microfibras na exsudação, devido ao número reduzido de amostras. Já em relação à resistência à compressão, verificou-se que o material influenciou significativamente, por meio da amarração das microfissuras iniciais do concreto e da atuação como pontos de nucleação. Sendo assim, a adição de microfibras no teor de 600 g/m³ pode ser indicada como a mais apropriada para a aplicação em concretos empregados em pisos.

6. REFERÊNCIAS

ACI Committee 302., 2004. ACI 302.1R -04. *Guide for Concrete Floor and Slab Construction*. American Concrete Institute. Farmington Hills, Michigan.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica.* Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho. O mercado de pisos industriais no Brasil: cenário e perspectivas do segmento. Resumo executivo. Rio de Janeiro: ANAPRE, 2012.

_____. *NBR NM 30: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água.* Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. *NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.* Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. *NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.* Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. *NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.* Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. *NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica.* Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. *NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.* Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____. *NBR 11579: Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μm (nº 200).* Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. *NBR 15558: Concreto - Determinação da exsudação.* Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

Chodounsky, M. A. e Viecili, F.A., 2007. *Pisos Industriais de Concreto – Aspectos Teóricos e Executivos.* Reggenza, São Paulo.

Fitesa, 2002. *As Influencias das Fibras de Polipropileno na Exsudação do Concreto*. Boletim Técnico nº 3.

Helene, P. e Andrade, T., 2010. "Concreto de Cimento Portland". *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. 2 ed. Vol.2. Cap. 29. Ibracon, São Paulo.

Richardson, A. E., 2006. "Compressive strength of concrete with polypropylene fibre additions". *Structural Survey.* v. 24, n. 2, p. 138-153.

Rodrigues, P. P. F., 2011. "Pisos industriais de concreto". *Concreto: Ciência e Tecnologia.* 1 ed. Vol. 2. Cap. 41. Ibracon, São Paulo.

Senisse, J. A. L., 2010. *Influência do consumo de água, do teor de adição de microfibras de polipropileno e do tipo de cimento no fenômeno da retração por secagem em concretos empregados em pisos*. 2010. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Silva, C.V.,2011. *Contribuição ao estudo do desgaste superficial por abrasão em concretos empregados em pisos.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Sun, Z. e Xu, Q., 2009. "Microscopic, physical and mechanical analysis of polypropylene fiber reinforced concrete". *Materials Science and Engineering A*. v. 527, n. 1-2, p. 198-204.

Tarr, S. M. e Farny, J. A., 2008. *Concrete Floors on Ground*. 4 ed. Portland Cement Association, Skokie, Illinois, U.S.A.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso nesse artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

Estudo de Dosagem para Incorporação de Lodo de ETE em Matriz de Concreto, como Forma de Disposição Final.

Bruno Marangoni
Alessandra Zaleski
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
b-marangoni@outlook.com; alessandra_zaleski@hotmail.com

Suelen Cristina Vanzetto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
suelen.van@hotmail.com

Resumo. *O lodo é um subproduto sólido gerado em grande quantidade pelas Estações de Tratamento de Efluente (ETE) e deve possuir sua disposição final controlada. Esta pesquisa buscou avaliar a viabilidade da utilização do lodo de ETE em substituição parcial da areia na fabricação de concreto para uso na construção civil, melhorando a problemática da disposição final desse resíduo e diminuindo o uso de agregados naturais. Para essa avaliação, foi estudado o efeito das substituições de 5%, 10% e 15% de lodo nas propriedades fundamentais do concreto, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Para os resultados encontrados na resistência à compressão uniaxial, houve um acréscimo de 10,94% e 14,59% entre a mistura de referência e os teores de substituição de 5% e 10%, respectivamente. Para a resistência à tração por compressão diametral, o teor de 10% apresentou influências não significativas quando comparado ao teor de referência, tendo um decréscimo de 6,06%. Quanto ao índice de absorção, os teores de 5% e 10% obtiveram um decréscimo de 0,78 g/cm³ e 0,64 g/cm³, respectivamente, quando comparados ao teor de 0%. De modo geral, comparando os resultados obtidos para cada teor de substituição com o teor de referência, é possível observar que a utilização do lodo em substituição parcial de 5% e 10% do agregado miúdo é viável para concretos com funções não estruturais.*

Keywords: *Lodo de ETE, resíduo, concreto.*

1. INTRODUÇÃO

A elevada produção de resíduos sólidos é um problema mundial. Segundo Barroso et. Al. (2008), a destinação final inadequada desses resíduos gerados pelas indústrias causa uma séria preocupação ambiental. Os impactos decorrentes podem ser evidenciados pela poluição dos recursos hídricos, da atmosfera, do solo, além da geração de problemas socioeconômicos.

Dentre os diversos impactos gerados, podem-se citar os resíduos produzidos pela manufatura e suas atividades diárias. Esses resíduos são chamados de efluentes e variam de acordo com o tipo de produção da empresa. Por lei, o efluente não pode ser descartado diretamente no meio ambiente, antes deve passar por tratamento para diminuir a quantidade de poluentes através de uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE) nas indústrias.

O lodo é um subproduto sólido gerado em grande quantidade pelas Estações de Tratamento de Efluente e, como os efluentes, deve possuir sua disposição final controlada. Dentre as alternativas mais comuns de disposição final estão a incineração, o aterro sanitário, e a reutilização em novos produtos.

Uma das alternativas existentes para a disposição final adequada de lodo de ETE é a sua incorporação em produtos já fabricados, necessitando a comprovação por meio de estudos. O lodo pode ser utilizado na construção civil através da fabricação de produtos cerâmicos, da incorporação em argamassas e concretos, como também da substituição do agregado miúdo na fabricação de argamassas e concretos.

Geyer (2001) obteve resultados que mostram que a cinza de lodo pode ser utilizada como adição ao concreto, com efeito predominante em fíler, em até 20%. Fontes (2003) analisou as potencialidades da cinza de lodo de ETE como material suplementar para a produção de concretos com cimento Portland e os resultados mostraram que o uso é viável em até 30%, devido a uma melhoria nas propriedades investigativas além de trazer benefícios econômicos pela redução no consumo de cimento.

Diante o exposto, buscou-se avaliar nesta pesquisa a viabilidade da utilização do lodo de ETE em substituição parcial da areia na fabricação de concreto convencional para uso na construção civil. Utilizando teores de 5, 10 e 15%

de substituição, além de um concreto-referência (sem adição de lodo), pretende-se obter a minimização da problemática da disposição final desse resíduo.

2. METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa foi utilizado o resíduo final de uma indústria localizada na cidade de Erechim/RS. O lodo em questão é resultado do tratamento secundário do processo de lodos ativados convencional da indústria. Esse resíduo foi coletado e transportado até o Campus II da URI - Erechim onde foi disposto ao sol durante dois dias para secagem até a obtenção do peso constante. Após a secagem, o lodo foi triturado e peneirado na peneira de 6,3 mm. A figura 1 a seguir mostra esses processos.

Figura 1. a) Lodo úmido; b) Lodo seco e peneirado na peneira 6,3mm.

Para a caracterização do lodo utilizado foi realizado o ensaio de composição granulométrica NM 248/2003, visto que o resíduo substituirá parcialmente o agregado miúdo. Para o ensaio de massa específica do lodo, foi considerada a norma empregada para cimento, devido ao fato de que o lodo reage com a água incorporando-a, a norma da massa específica dos agregados miúdos não pode ser utilizada. Os resultados obtidos encontram-se na tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Caracterização dos agregados naturais e do lodo.

Propriedades do material	Agregado miúdo	Lodo
Dimensão máxima característica (mm)	1,18	1,18
Massa específica (g/cm³)	2,62	1,63
Massa unitária (g/cm³)	1,59	0,70
Absorção de água (%)	0,80	53,80
Módulo de finura	1,90	2,01

O lodo apresentou módulo de finura igual a 2,01 e dimensão máxima característica de 1,18 mm. Quanto às demais características, o resíduo apresentou massa específica de 1,63 g/cm³, massa unitária de 0,70 g/cm³ e índice de absorção de água igual a 53,80%.

Para a pesquisa, adotou-se o método de dosagem do IPT/EPUSP por ser o mais utilizado em obras de engenharia para concretos convencionais. O parâmetro utilizado é a obtenção de um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm, segundo NBR NM 67/1998. A partir do Diagrama de Dosagem obtido na dosagem experimental, foi definido o traço de concreto com resistência fixa de 25 MPa.

Conforme prescreve o método, foi confeccionado um concreto com traço 1:4 como referência. Após, foi produzido o concreto em estudo com substituições de 0%, 5%, 10% e 15% de lodo. O traço desse concreto pode ser conferido na tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Traço definido pela dosagem experimental.

Fck (MPa)	Traço	Relação a/c	m	Consumo de Cimento (kg/m³)	α	Traço unitário		
						c	a	p
25	1:4	0,45	4	425,457	0,52	1	1,60	2,40

Para a moldagem dos corpos de prova foram utilizadas fôrmas cilíndricas de 10 x 20 cm, sendo essas metálicas, que visam à redução de perdas da pasta de cimento e de variabilidade dimensional. Após moldados e devidamente vibrados na mesa vibratória, os corpos de prova foram identificados, perfazendo um total de 28 corpos de prova. Em 24 horas, os mesmos puderam ser desmoldados e posteriormente dispostos em câmara úmida até completar a idade dos ensaios.

Os resultados foram analisados estatisticamente através do método de análise de variância simples (one way ANOVA), proposto com significância estatística de 95% de confiança, o qual buscou avaliar se o fator de controle causou efeito significativo na variável de resposta.

Para analisar se os dados obtidos na pesquisa são estatisticamente iguais ou diferentes, foi utilizado o teste de Tukey, que é um teste de comparação de média que consiste na construção de intervalos de confiança para todos os pares de médias de tal forma que o conjunto de todos os intervalos tenha um determinado grau de confiança.

O ensaio de absorção de água no concreto seguiu as especificações da NBR 9779/2012, a qual prescreve o ensaio para determinação da absorção de água por capilaridade de argamassas e concretos endurecidos.

Para o ensaio de resistência à compressão uniaxial foi utilizada a NBR 5739/2007, que prescreve um método pelo qual devem ser ensaiados à compressão os corpos de prova cilíndricos de concreto. Já para o ensaio de resistência à tração por compressão diametral foi utilizada a NBR 7222/2011, a qual se refere ao ensaio para obtenção de resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos de argamassas e concretos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Resistência à compressão uniaxial e resistência à tração por compressão diametral

A resistência à compressão é o parâmetro principal de análise e caracterização do concreto, referindo-se à capacidade do elemento em resistir aos esforços sem entrar em ruptura. Os resultados médios de resistência à compressão uniaxial para os concretos estudados estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Resultados médios do ensaio de resistência à compressão uniaxial.

Teor de substituição (%)	Resistência à compressão uniaxial média aos 91 dias (MPa)	Coeficiente de variação (%)	Desvio Padrão
0	35,30	1,34	0,47
5	39,16	6,25	2,45
10	40,45	2,08	0,84
15	29,68	0,52	0,16

De acordo com a tabela 3, pode-se perceber que a resistência à compressão uniaxial média para os teores de 5% e 10% obtiveram um acréscimo de 10,94% e 14,59%, respectivamente, quando comparados à mistura de referência. Já para o teor de 15%, houve um decréscimo de 15,92%.

A figura 2 mostra os resultados da influência do teor de substituição de lodo sobre a resistência à compressão uniaxial dos concretos.

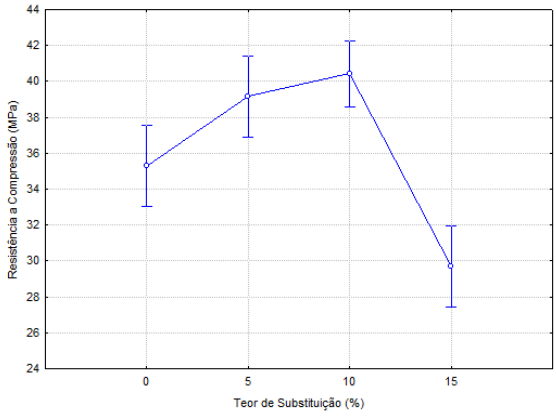


Figura 2 – Efeito do teor de lodo na compressão uniaxial.

Observa-se no gráfico da figura 2 que houve um acréscimo significativo na resistência à compressão uniaxial entre a mistura de referência 0% com 35,30 MPa, e os teores de substituição de lodo de 5% e 10%, com 39,16 MPa e 40,45 MPa, respectivamente. Nota-se também que há um decréscimo entre o teor de referência e o teor de substituição de 15% com 29,68 MPa.

Segundo Mehta e Monteiro (2008) o uso de adições minerais pode levar a uma redução significante na porosidade da matriz e da zona de transição na interface. Consequentemente, melhorias consideráveis na estanqueidade do concreto são obtidas. Afirma também que com a redução do índice de vazios, obtêm-se um concreto com maior compacidade e consequentemente um melhoramento na resistência em todos os esforços que o concreto está sujeito.

Analisando o teste de Tukey que avalia a diferença significativa entre duas médias de tratamento, mostrando se os dados obtidos na pesquisa são estatisticamente iguais ou diferentes e atestando que um teor pode ser substituído por outro sem perder suas características, os valores de 5% e 10% são considerados estatisticamente iguais entre si, e que só o valor de 5% é igual ao teor de referência de 0%. Já o teor de 15% é estatisticamente diferente de todos os demais teores.

Ao avaliar as distribuições granulométricas do lodo e do agregado miúdo, pode-se perceber que havia uma quantidade maior de finos no lodo, sendo benéfica no empacotamento desses agregados, onde os vazios maiores são preenchidos por partículas menores, reduzindo os vazios e melhorando a interface pasta/agregado.

Ao mesmo tempo em que a substituição do lodo interferiu positivamente na resistência à compressão uniaxial dos primeiros dois teores, gerou uma queda na resistência do teor de 15%, quando comparados ao teor de referência. Essa queda se dá pelo fato de o teor de 15% começar a apresentar excesso de finos na matriz, prejudicando o preenchimento dos vazios e aumentando o consumo de água. Entretanto, a resistência à compressão para o teor de 15% não foi reduzida a níveis abaixo daqueles aprovados conforme as exigências da NBR 6118/2014, que garante a viabilidade do concreto para estruturas com resistência superior a 20 MPa.

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral é usado para obter de forma indireta a resistência à tração do material ensaiado, permitindo estimar a carga à qual ocorre fissuração em uma estrutura. Os resultados médios de resistência à tração por compressão diametral para os concretos estudados estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Resultados médios do ensaio de resistência à tração por compressão diametral.

Teor de substituição (%)	**Resistência à tração por compressão diametral média aos 91 dias (MPa)**	**Coeficiente de variação (%)**	**Desvio Padrão**
0	2,64	0,27	0,01
5	2,73	3,66	0,10
10	2,48	6,00	0,15
15	2,19	1,62	0,04

Através da tabela 4, pode-se perceber que a resistência à tração média para o teor de 5% apresentou um acréscimo de 3,41% quando comparada ao teor de referência. Já para os teores de 10% e 15%, quando comparados ao teor de 0%, houve um decréscimo de 6,06% e 17,05%, respectivamente.

Através do método de variância simples é possível observar na figura 3 a influência do teor de substituição de lodo sobre a resistência à tração por compressão diametral dos concretos.

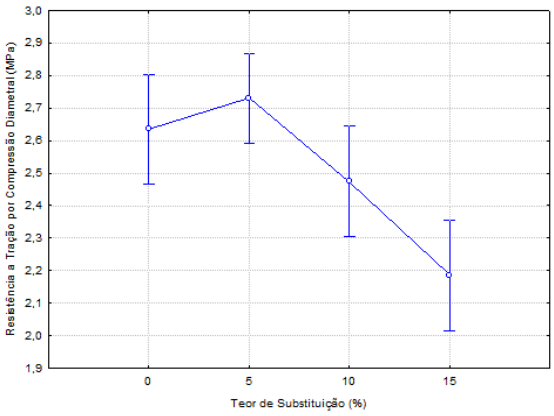


Figura 3 – Efeito do teor de lodo na tração por compressão diametral.

Observa-se no gráfico da figura 3 que houve um acréscimo na resistência à tração por compressão diametral entre a mistura de referência 0% com 2,64 MPa, e o teor de substituição de lodo de 5% com 2,73 MPa. Para os teores de 10% e 15%, houve um decréscimo nessa resistência, com 2,48 MPa e 2,19 MPa, quando comparados ao teor de referência 0%.

No teste de Tukey os teores de 5% e 10% são considerados estatisticamente iguais ao teor de referência, possibilitando a substituição de qualquer um desses teores por outro sem perder suas características no ensaio de resistência à tração. Quanto ao teor de 15%, ele se mostra estatisticamente diferente do teor de 0%.

Neville (1997) afirma que a zona de transição entre os agregados e a pasta de cimento hidratada deve ser cuidadosamente considerada. Ela aparece não somente entre a pasta e o agregado graúdo, mas também com o agregado miúdo. O agregado miúdo contribui para aumentar a rigidez da matriz do concreto, diminuindo assim as microfissurações que poderiam vir a se formar na zona de transição pasta/agregado. Isso se dá devido ao maior fechamento dos poros proporcionado pelas frações de menores dimensões. De acordo com Metha e Monteiro (2008), a resistência à tração por compressão diametral é afetada pelas características da zona de transição.

3.2. Absorção de água por capilaridade

O ensaio de absorção de água no concreto seguiu as especificações da NBR 9779/2012, a qual prescreve o ensaio para determinação da absorção de água por capilaridade de argamassas e concretos endurecidos. Os resultados médios de absorção de água por capilaridade estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Absorção de água por capilaridade.

Teor de substituição (%)	Absorção média de água 72h aos 91 dias (g/cm²)	Coeficiente de variação (%)	Desvio Padrão
0	1,26	1,43	0,02
5	0,78	2,32	0,02
10	0,64	8,00	0,05
15	0,85	2,11	0,02

De acordo com a tabela 5, pode-se perceber que a capilaridade média para os teores de 5%, 10% e 15% obteve um decréscimo de 38,09%, 49,21% e 32,54%, respectivamente, quando comparados ao teor de 0%.

Através do método de variância simples é possível observar na figura 4 a influência do teor de substituição de lodo sobre a absorção de água por capilaridade dos concretos.

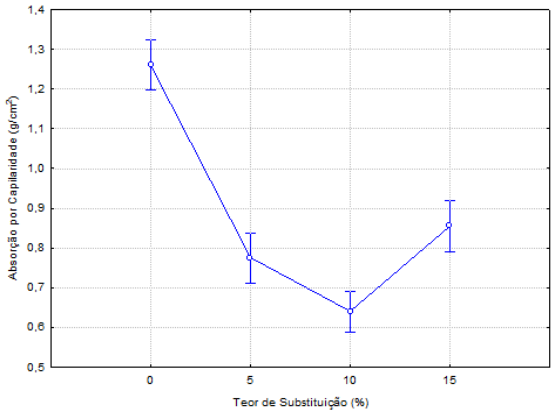


Figura 4 – Efeito do teor de lodo na absorção de água.

Observa-se no gráfico da figura 4 que houve um decréscimo significativo na absorção entre a mistura de referência com 1,26 g/cm³ para os teores de substituição de lodo de 5%, 10% e 15%, com 0,78 g/cm³, 0,64 g/cm³ e 0,85 g/cm³, respectivamente.

Para Feitosa (2009), o acréscimo de percentual de lodo ao concreto como agregado diminui a absorção independente do percentual de lodo adicionado, pois os concretos com 5% e 10% de lodo absorveram 2,12% e 1,87%, respectivamente.

Para esta pesquisa, os teores de 5% e 10% obtiveram a mesma tendência que para Feitosa (2009), onde o teor de 10% absorveu menos do que o teor de 5%. Isso pode ser explicado pelo lodo reagir com a água, incorporando-a na sua

composição até as partículas do lodo saturarem e assim, diminuir os espaços vazios do concreto. Os corpos de prova com teor de 5% apresentavam menos lodo em sua composição, possuindo mais espaços vazios para serem preenchidos pela água do que os corpos de prova com o teor de 10%.

Metha e Monteiro (2008) destacam que a taxa de absorção de água por capilaridade é uma boa medida da qualidade do concreto, e de sua durabilidade quando exposto a ambientes agressivos.

4. CONCLUSÃO

Em análise de todos os resultados obtidos nos ensaios, o melhor teor de substituição a ser utilizado é o teor de 10%, por apresentar valores de propriedades mecânicas e de durabilidade melhores que os outros teores, estando dentro do permitido em todos os ensaios.

Com os ensaios realizados e as análises de seus resultados, pôde-se concluir que a utilização do lodo em substituição parcial de 5% e 10% do agregado miúdo é viável para concretos com funções não estruturais como, por exemplo, na confecção de blocos de concreto não estrutural, placas de vedação, peças decorativas, contrapisos e pisos (ambientes internos: como salas, dormitórios, banheiros, cozinhas ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura, segundo a NBR 6118/2014). Para finalidades estruturais, estudos mais aprofundados devem ser feitos para a utilização desse tipo de material.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade.** Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR NM 248/2003: Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 1998.

BARROSO, L. B., WOLFF, D. B., UCKER, F. E., FENSTERSEIFER, C. A. J., BARROSO, D. B. **Argamassa alternativa produzida com resíduos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26., 2011, Pernambuco.

FEITOSA, M. C. A. **Lodo de esgoto: algumas aplicações em engenharia.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, UNICAP, Recife, 2009.

FONTES, C. M. A. **Potencialidades da cinza de lodo de estações de tratamento de esgotos como material suplementar para a produção de concretos com cimento Portland.** 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

GEYER, A. L. B. **Contribuição ao Estudo da Disposição Final e Aproveitamento da Cinza de Lodo de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários como Adição ao Concreto.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

HELENE, P.; TERZIAN, P. R. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto.** São Paulo: PINI, 1992. 350 p.

MEHTA, P. K, MONTEIRO, P. J. M. **Concreto Microestrutura, Propriedades e Materiais.** 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, A. M.; 1997**, Propriedades do concreto,** tradução Salvador E. Giammusso, ed. 2ª, São Paulo-SP, PINI.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE EFLUENTE INDUSTRIAL COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO DO CONCRETO

Alessandra Zaleski
Bruno Marangoni
Suelen C. Vanzetto
URI Campus II , RS 331, Erechim - RS
alessandra_zaleski@hotmail.com; b-marangoni@outlook.com; suelen.van@hotmail.com

Resumo. *Atualmente o elevado crescimento do setor da construção civil, bem como, o populacional, aliado a despreocupação ambiental, levam ao aumento no consumo de água, na maioria das vezes, sem preocupar- se de que forma esta água está sendo usada e ainda ao aumento da geração de efluentes líquidos. Na busca de soluções para o desenvolvimento sustentável da construção civil, destaca-se a utilização de processos construtivos racionalizados que minimizem os impactos negativos. Desse modo, uma alternativa bastante válida é utilizar efluentes de esgotos (domésticos ou industriais) tratados na execução de serviços e processos na construção civil que não necessitem de uma água com padrão de qualidade elevado. Posto isto, estuda-se nessa pesquisa a viabilidade de utilizar Efluente de esgoto em substituição na água de amassamento de concreto, com substituições de Efluente Tratado e Efluente Bruto comparando com a substituição de referência que foi a Água Potável, visando inertizar o efluente potencialmente poluidor, beneficiando a construção civil e o meio ambiente. Realizou-se a caracterização dos matérias, o traço de concreto para a pesquisa e após a moldagem dos Corpos de Prova. Avaliou-se a sua utilização através do ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial e resultados de absorção de água por capilaridade média a 72 horas.*

Palavras chave: *Construção Civil, Efluente de Esgoto, Resistência à CompressãoUniaxial.*

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, apesar da aparente abundância de recursos hídricos, o reuso de água vem conquistando espaço principalmente nos grandes centros urbanos, onde a escassez representa altos investimentos e custos operacionais para captação e adução de água a grandes distâncias (DA SILVA, 2008).

A preocupação mundial com a preservação do meio ambiente tem sido uma questão de grande relevância para todas as indústrias, entre elas, a construção civil, um setor importante na economia do país e um grande consumidor de recursos naturais, na maioria das vezes de forma inadequada, causando degradação ambiental e aumento da poluição, através da geração de resíduos como consequência de sua atividade produtiva. Na busca de soluções para o desenvolvimento sustentável da construção civil, destaca-se a utilização de processos construtivos racionalizados que minimizem os impactos negativos (OLIVEIRA et al., 2014).

Desse modo, uma alternativa bastante válida é utilizar efluentes de esgotos (domésticos ou industriais) tratados na execução de serviços e processos na construção civil que não necessitem de uma água com padrão de qualidade elevado, desde que haja uma prévia certificação de que essa alternativa seja viável sob determinados aspectos, principalmente no tocante aos padrões de segurança nas edificações (DA SILVA, 2008).

Sendo assim, esta pesquisa busca avaliar a possibilidade de utilização de esgoto tratado pelo sistema de lagoa facultativa, em substituição na água de amassamento de concreto, visando inertizar o efluente potencialmente poluidor, beneficiando a construção civil e o meio ambiente.

2. METODOLOGIA

Para esta pesquisa, adotou-se como aglomerante hidráulico na elaboração do concreto o cimento CP II - Z, sendo fornecido em sacos de 50kg. O agregado graúdo utilizado consiste em uma brita de origem basáltica, chamada comercialmente de brita 1. O agregado miúdo utilizado é uma areia média natural de origem quartzosa.

Para a realização da pesquisa, utilizaram-se efluente de esgoto tratado pelo sistema de lagoa facultativa e efluente de esgoto bruto, ambos em substituição total na água de amassamento de concreto. Os efluentes foram coletados na ETEs da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus I Erechim/RS.

Usou-se o método de dosagem do IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992), por ser o mais utilizado em obras de engenharia para concretos convencionais. Os parâmetros utilizados são a obtenção de um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm, segundo a NBR NM 67/1998.

Conforme o método, foi produzido um concreto com traço 1:3,5 (traço rico), outro com 1:5 (traço intermediário), e também 1:6,5 (traço pobre). Realizando ajustes até atingir um teor de argamassa ideal (α) capaz de proporcionar a melhor trabalhabilidade e coesão, assim como um bom envolvimento dos agregados nas misturas, para respeitar o abatimento.

O teor de argamassa ideal (α) encontrado foi de 52%, após obteve-se a resistência média do concreto, assim construindo o Diagrama de Dosagem para o Cimento Portland, o qual é composto por quatro eixos: a tensão de dosagem do concreto aos 28 dias (Fc), a relação água/cimento (a/c), o traço unitário (m) e o consumo de cimento (Cc). A partir do Diagrama de Dosagem obtido na dosagem experimental, foi definido o traço de concreto para a pesquisa, através da relação fixa na resistência de 25 Mpa. Obtendo-se os seguintes resultados na tabela 1.

Tabela 1 - Traço definido pela dosagem experimental.

Relação a/c	M	Consumo de Cimento (kg/m³)	α	Traço unitário			Quantidade de Material (kg)				
				c	A	p	c	a	P	Água (Kg)	Aditivo (%)
0,52	5	371,526	0,52	1	2,12	2,88	10,27	21,78	29,58	5,34	0,1

m - teor de materiais secos (m=a+p); a – água; c – cimento; p – pedra.

Para a moldagem dos corpos de prova foram utilizadas fôrmas cilíndricas de 10 x 20 cm, sendo essas metálicas, que visam à redução de perdas da pasta de cimento e de variabilidade dimensional. Após moldados e devidamente vibrados na mesa vibratória, os corpos de prova foram identificados, perfazendo um total de 28 corpos de prova. Em 24 horas, os mesmos puderam ser desmoldados e posteriormente dispostos em câmara úmida até completar a idade dos ensaios.

Os resultados foram analisados estatisticamente através do método de análise de variância simples (one way ANOVA), proposto com significância estatística de 95% de confiança, o qual buscou avaliar se o fator de controle causou efeito significativo na variável de resposta.

Para analisar se os dados obtidos na pesquisa são estatisticamente iguais ou diferentes, foi utilizado o teste de Tukey, que é um teste de comparação de média que consiste na construção de intervalos de confiança para todos os pares de médias de tal forma que o conjunto de todos os intervalos tenha um determinado grau de confiança.

Para o ensaio de resistência à compressão uniaxial foi utilizada a NBR 5739/2007, que prescreve um método pelo qual devem ser ensaiados à compressão os corpos de prova cilíndricos de concreto.

O ensaio de absorção de água no concreto seguiu as especificações da NBR 9779/2012, a qual prescreve o ensaio para determinação da absorção de água por capilaridade de argamassas e concretos endurecidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resistência à compressão uniaxial

A resistência à compressão uniaxial é a característica utilizada para relacionar a capacidade de um elemento em resistir a esforços, sem entrar em colapso. As médias da resistência à compressão foram obtidas através da média aritmética e desvio padrão. Os resultados, encontram-se na tabela 2.

Tabela 2 - Resultados médios do ensaio de resistência à compressão uniaxial aos 28 dias.

Substituições	Resistência à compressão uniaxial média (MPa)	Coeficiente de variação (%)	Desvio Padrão (MPa)
Água Potável	24,21	3,68	0,89
Efluente Tratado	21,41	5,85	1,25
Efluente Bruto	19,8	0,25	0,05

De acordo com a tabela 2, pode-se perceber que a resistência à compressão uniaxial média nas substituições de Efluente Bruto e Efluente Tratado obtiveram um decréscimo de 11,56% e 18,21%, respectivamente, quando comparados à substituição de referência, ou seja, Água Potável.

A figura 1, mostra os resultados da influência de substituição de Efluente Tratado e Efluente Bruto sobre a resistência à compressão uniaxial dos concretos.

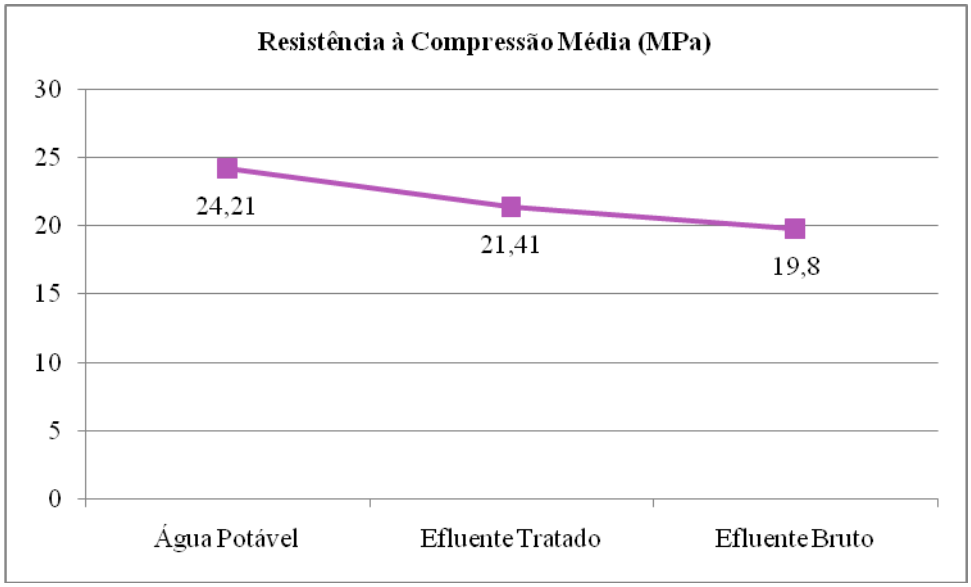


Figura 1. Efeitos das substituições de Efluente Tratado e Efluente Bruto em comparação a Água Potável na compressão uniaxial.

Pode-se observar no gráfico da figura 1, que houve um decréscimo significativo na resistência à compressão uniaxial entre a substituição de referência 0% com 24,21 MPa, e as substituições de Efluente Tratado e Efluente Bruto, com 21,41 MPa e 19,8 MPa, respectivamente.

Analisando o teste de Tukey que avalia a diferença significativa entre duas médias de tratamento, mostrando se os dados obtidos na pesquisa são estatisticamente iguais ou diferentes e atestando que um teor pode ser substituído por outro sem perder suas características. O valor de referência que é a Água Potável, é considerado estatisticamente igual ao valor de Efluente Tratado e diferente do valor do Efluente Bruto.

3.2. Absorção de água por capilaridade

O ensaio de absorção por capilaridade avalia a durabilidade do produto final. Os valores da média, desvio padrão e coeficiente de variância estão demonstrados na tabela 3.

Tabela 3 - Médias do ensaio de absorção de água por capilaridade aos 28 dias.

Substituições	**Absorção média de água 72h (g/cm²)**	**Coeficiente de variação (%)**	**Desvio Padrão (MPa)**
Água Potável	0,71	9,85	0,07
Efluente Tratado	0,79	17,72	0,14
Efluente Bruto	0,86	17,97	0,16

De acordo com a tabela 3, pode-se perceber que a absorção de água por capilaridade média para as substituições de Efluente Tratado e Efluente Bruto, obteve- se um acréscimo de 11,26% e 21,12%, respectivamente, quando comparados a substituição referência, ou seja, Água Potável.

Por meio do método de variância simples, é possível observar na figura 2, a influência das substituições de Efluente Tratado e Efluente Bruto sobre a absorção de água por capilaridade dos concretos.

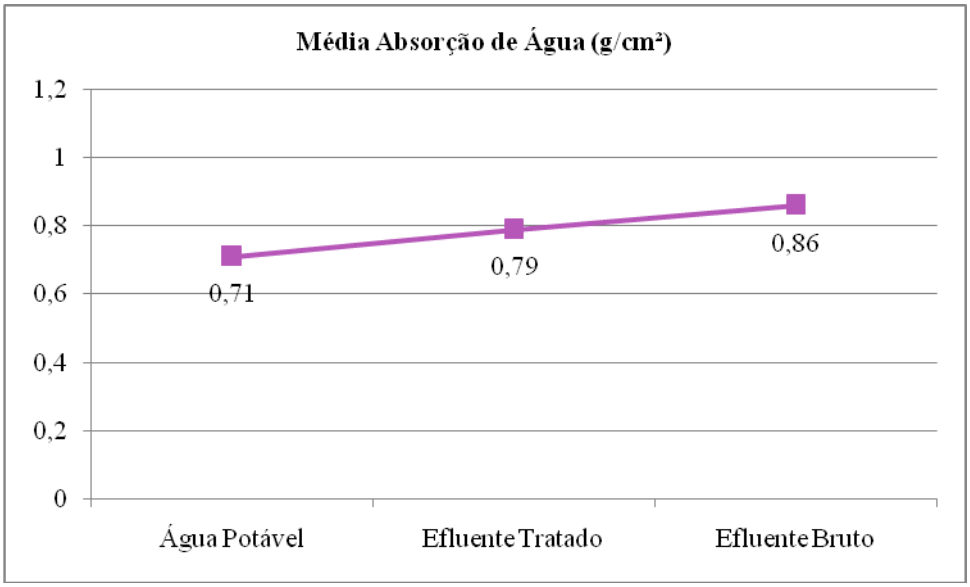


Figura 2 - Efeitos das substituições de Efluente Tratado e Efluente Bruto em comparação a Água Potável na absorção de água.

Observa-se no gráfico da figura 2, que houve um acréscimo significativo na absorção entre a substituição de referência da Água Potável com 0,71 g/cm³ para as substituições de Efluente Tratado e Efluente Bruto com 0,79 g/cm³ e 0,86 g/cm³, respectivamente.

O aumento da absorção de água do Efluente Tratado e do Efluente Bruto em relação a substituição de referência, justifica-se por estarem diretamente relacionados a suas composições químicas e aumento dos seus sólidos suspensos.

4. CONCLUSÕES

De acordo com Richter (2001), o lodo de ETA é considerado um resíduo composto de água e sólidos suspensos contidos na fonte, acrescidos dos produtos aplicados durante o processo de tratamento de água.

Por meio dos resultados obtidos na resistência à compressão uniaxial, pode-se justificar a queda da resistência do Efluente Tratado e do Efluente Bruto, comparado com o valor de referência, a Água Potável, pela presença de sólidos suspensos. O Efluente Tratado apresentou o valor de 72 mg/L, já o Efluente Bruto 170 mg/L, comparados com o valor de referência que não possui sólidos suspensos.

Os acréscimos na absorção de água por capilaridade no Efluente Tratado e no Efluente Bruto comparados com o valor de referência, a Água Potável, deve-se pela presença de sólidos suspensos o qual ocasiona o aumento da porosidade do concreto, como consequência o concreto acaba absorvendo mais água.

Com base no exposto, constatou-se que é possível obter concreto de boa qualidade, utilizando-se um efluente de esgoto tratado no lugar de água potável. Seguindo os limites estabelecidos pela NBR 15900-1/2009, normas técnicas de água para amassamento do concreto.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.* Rio de Janeiro, 1998

_____. *NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.* Rio de Janeiro, 2007.

_____. *NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade.* Rio de Janeiro, 2012.

_____. *NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos*. Rio de Janeiro, 2009.

DA SILVA, Jorge L. M. *Utilização de esgoto tratado em sistema de lagoas de estabilização como água de amassamento e cura de concreto*. Fortaleza, 2008.

HELENE, P.; TERZIAN, P. *Manual de Dosagem e Controle do Concreto.* São Paulo: PINI, 1992.

OLIVEIRA, Denise D. N.; ALMEIDA, Edna S.; CARDOSO, Larissa S. P. *Estudo do uso de esgoto tratado por ETE biológica na fabricação de blocos de concreto para alvenaria de vedação.* V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte, 2014.

RICHTER, C. A. *Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água.* Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo. 2001. 102 p.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)

Cassiane Finatto
Alessandra Zaleski
Bruno Marangoni
Suelen C. Vanzetto
URI Campus II , RS 331, Erechim - RS
kassifinatto@hotmail.com; suelen.van@hotmail.com

Resumo. *Atualmente a geração de resíduos sólidos, providos da construção e demolição (RCD) tem sido um grande problema enfrentado pelo setor da construção civil. O grande volume de resíduos gerados, quando não manejados e destinados corretamente, contribuem para a degradação da qualidade ambiental. Mediante isto, buscou-se avaliar nesta pesquisa, a viabilidade da utilização de resíduos de construção e demolição, na elaboração de argamassas de revestimento, através da substituição parcial da areia. Para esse fim foi realizado a caracterização dos materiais que foram empregados no experimento e definiram-se as concentrações de 25%, 50% e 75% de resíduo que substituiu o agregado miúdo natural. Para a avaliação das argamassas, foram consideradas propriedades importantes como resistência à tração na flexão e absorção de água por capilaridade. Através da análise dos resultados, foi possível verificar que o teor de substituição de 50% apresentou valores de propriedades mecânicas e absorção vantajosos. Entretanto, para constatar que a substituição do agregado miúdo natural por RCD seja viável tecnicamente, estudos mais aprofundados em relação às características qualitativas e funcionais das argamassas, ainda necessitam ser desenvolvidos.*

Palavras chave**:** *resíduos de construção e demolição, argamassas, propriedades.*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o setor da Construção civil passou por um significativo processo de expansão. O elevado número de novas construções, reformas e ampliações em todo o país, acarretou o aumento da geração de resíduos de construção e demolição, o que implica em novos desafios para os geradores em relação à busca de alternativas viáveis de inovação e reutilização desses resíduos, a fim de amenizar impactos ambientais.

Segundo a ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, o Brasil produziu 44 milhões de toneladas de resíduos de Construção e Demolição no ano de 2014. A resolução n° 307 do Conama (2002), considera que a disposição desses resíduos em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental e atribui aos geradores à responsabilidade da correta destinação desses resíduos. Com isso, busca-se alternativas viáveis de reaproveitamento a estes resíduos. Uma possível solução é a sua utilização como agregado alternativo na elaboração de materiais a serem utilizados na própria construção civil.

Os resíduos de construção e demolição devem ser vistos como fonte de materiais que podem ser reutilizados. Malta *et al*. (2003) sugerem que esses resíduos devem retornar para o mercado da construção civil como agregado reciclado, pois o grande volume de novas construções necessita de elevada quantidade e diversidade de materiais, podendo assim, reutilizar em grande parcela, o próprio resíduo gerado.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades das argamassas de revestimento com substituição parcial do agregado miúdo natural por resíduo de construção e demolição, visando uma efetiva redução de impactos ambientais.

2. METODOLOGIA

Para esta pesquisa, foi utilizado como aglomerante hidráulico na elaboração das argamassas o cimento CPII- Z -32, pois serve para diversas aplicações no setor da construção civil, suas propriedades atendem estruturas em concreto

armado, argamassas de assentamento e revestimento e concreto para pavimentos e a cal hidratada CH III por ser comumente utilizada nas obras da região.

O agregado miúdo utilizado foi uma areia média natural de origem quartzosa para a camada de revestimento e uma areia grossa para elaboração do chapisco.

O agregado miúdo reciclado utilizado na pesquisa foi obtido através do beneficiamento de resíduo de construção e demolição (RCD). Este procedimento ocorreu em uma indústria de reciclagem, localizada na cidade de Erechim/RS. Sua composição engloba sobras cerâmicas, restos de argamassa, concretos e outros.

2.1 Programa experimental

A Fig. 1 exemplifica todas as etapas que foram desenvolvidas para tornar possível este estudo.

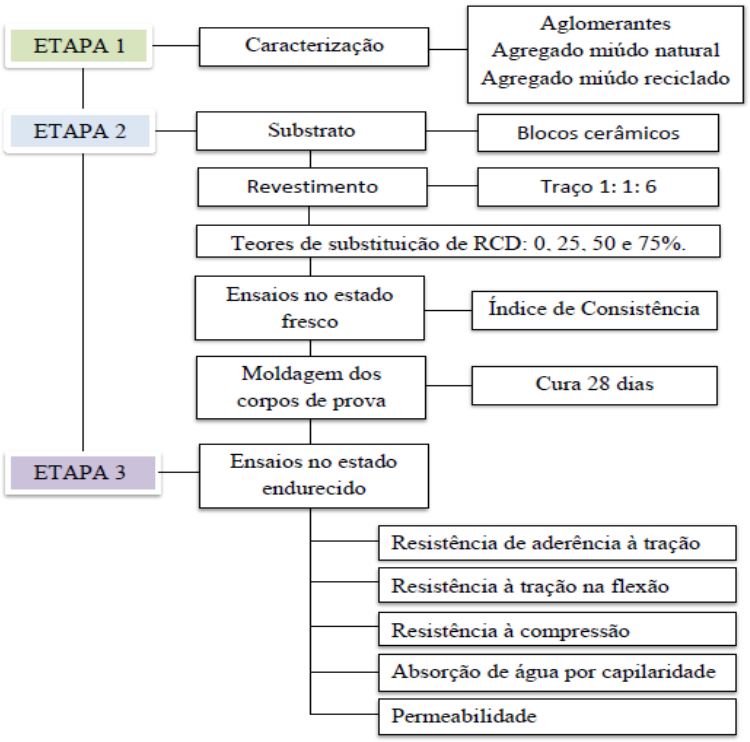


Figura 1. Etapas do programa experimental

2.2 Confeccção dos substratos e aplicação do chapisco

Para realização desta pesquisa, foram executadas 8 mini paredes de alvenaria de blocos cerâmicos com dimensões de 500 mm de comprimento por 400 mm de altura cada. Essa medida foi adotada em função de satisfazer a área necessária para ensaio de aderência à tração, conforme NBR 13528 (ABNT, 2010), a qual preconiza que devem ser feitos 12 arrancamentos de seção circular, espaçados entre si 50 mm. Após a cura dos substratos, de sete dias foi lançado sobre os mesmos uma camada de 5 mm de chapisco tradicional, aplicado de forma manual com colher de pedreiro e distância semelhante à aplicação em obra. O traço utilizado foi 1:3 (cimento: areia grossa) e passou por cura de três dias antes do lançamento da camada de revestimento.

2.3 Dosagem e elaboração das argamassas

As argamassas foram produzidas com traço definido de 1:1:6 (cimento: cal: areia média) em volume por ser geralmente utilizado nas obras da região. Além do traço de referência, com uso apenas da areia natural, foram substituídos teores de 25, 50 e 75% do agregado miúdo natural por agregado miúdo reciclado.

Para o proporcionamento dos materiais, o traço foi convertido em massa. Devido a elevada porosidade e absorção do agregado reciclado, foi feito uma pré saturação deste, antes de sua utilização, com valor de absorção de 80%.

Após o proporcionamento, pesagem dos materiais e saturação do resíduo reciclado, foi feito a homogeneização dos componentes por 4 minutos na argamassadeira, sendo 4 betonadas, uma para a mistura de referência, e outras 3, para os teores de substituição de 25%, 50% e 75%. Em seguida foi feito o ensaio de consistência das diferentes argamassas, onde o limite da consistência foi de 280 ± 20 mm. Na Tab. 1, encontram-se os parâmetros de dosagem utilizados.

Como variável de resposta aos 28 dias, foi realizado o ensaio de absorção por capilaridade, segundo a NBR 15259 (ABNT, 2005), que avaliou a propriedade de durabilidade das argamassas.

Tabela 1. Parâmetro de dosagem.

Teor de Substituição	Traço	Consumo de cimento (kg/m³)	Relação a/agl	Consistência
0%	1:1:6	160	0,69	263
25%			0,63	263
50%			0,50	260
75%			0,53	291,6

2.4 Revestimento de argamassa

Neste estudo optou-se pela camada única com espessura de 25 mm ao invés de emboço+reboco. A aplicação deu-se com auxílio de uma caixa de queda. Esse equipamento é composto por um pórtico de 4 pés, com regulagem de altura, onde no topo é colocado o recipiente com argamassa e na base os substratos com gabarito em madeira com espessura certa da camada de argamassa a ser aplicada. A utilização desse equipamento proporciona que todos os substratos recebam a camada única de argamassa com a mesma intensidade de lançamento. A altura de lançamento da argamassa foi de 1 metro, pois conforme estudos feitos por Gasperin (2011), essa altura de queda livre simula a força aplicada por um operador em obra.

Após aplicação da camada de revestimento, as paredes passaram por cura climatizada de 28 dias, onde a câmara apresentou temperatura do ar de 23 ± 2°C e umidade relativa de 65 ± 5%.

2.5 Resistência à tração na flexão

O método para a determinação da resistência à tração na flexão e à compressão, estabelecido pela NBR 13279 (ABNT, 2005) consiste na preparação de três corpos de prova com dimensões de 40x40x160 mm para cada mistura onde foram desmoldados após (48 ± 24) horas e mantidos em condições de temperatura 23 ± 2°C e umidade relativa de 65 ± 5% até a ruptura. A ruptura ocorreu aos 28 dias, onde foi determinado à resistência à tração na flexão, para os três corpos de prova inteiros.

2.6 Ensaio absorção de água por capilaridade

Este ensaio foi realizado de acordo com as prescrições da NBR 15259 (ABNT, 2005), a qual determina a moldagem de três corpos de prova prismáticos com dimensões de 40x40x160 mm para cada uma das 4 misturas, totalizando doze corpos de prova com idade de 28 dias. Os corpos de prova foram pesados e depois posicionados sobre uma malha metálica em um tanque com água, onde o nível de água foi mantido constante (5±1) mm acima da face em contato com a água. Aos 10 e 90 minutos os corpos de prova foram pesados novamente. O coeficiente de capilaridade é dado pela diferença das médias de massa aos 10 e 90 minutos a partir da colocação dos corpos de prova em contato com a água.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resistência à tração na flexão

A resistência à tração na flexão nas argamassas de revestimento pode-se associar as tensões que o sistema sofre perante o movimento do painel (substrato), devido a variações térmicas e higrotérmicas. A Fig. 2 mostra a influência do teor do RCD sobre a resistência à tração na flexão das argamassas de revestimento.

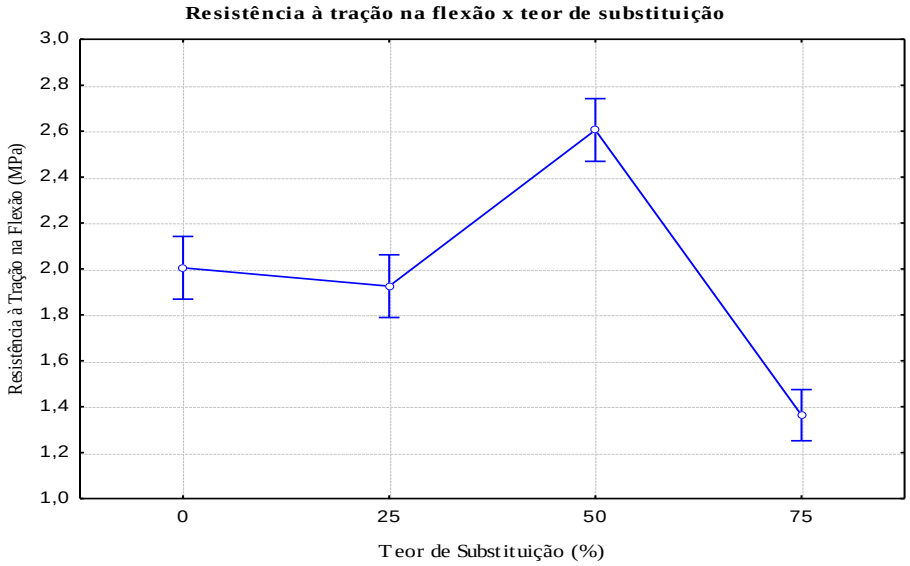


Figura 2 – Influência do teor de RCD sobre a resistência à tração na flexão das argamassas

Através da Fig. 2, observou-se que o teor de 25%, com 1,93 MPa, não apresentou uma diferença significativa da resistência à tração na flexão em relação à referência, com 2,01 MPa. O teor de 50% aumentou a resistência em valor significativo em relação à referência, sendo de 2,61 MPa. Já o teor de 75% ouve um decréscimo significativo, sendo 1,36 MPa.

O teor de 50% apresentou resistência maior em relação à referência, devido à utilização de quantidade mais elevada de RCD, onde estes apresentam uma distribuição granulométrica continua e bem graduada dos seus grãos, com maior continuidade, melhorando o empacotamento da mistura, reduzindo os vazios e a quantidade de água utilizada, justificando o aumento da resistência das argamassas.

Segundo Metha e Monteiro (2008), a resistência à compressão está relacionada com a porosidade dos agregados e esta é uma propriedade intrínseca do material cerâmico. Todavia, à fração cerâmica presente no RCD, não apresentou ponto negativo em relação a sua absorção e porosidade, devido ao tratamento de saturação que foi realizado no experimento. A substituição do agregado miúdo natural seco, pelo agregado reciclado leve e saturado, permitiu à cura interna da mistura, ou seja, a melhor hidratação do cimento e lubrificação dos materiais secos para que as reações de endurecimento ocorram de maneira mais gradativa, devido à disponibilidade da água contida nos poros, absorvida durante a saturação, que é liberada lentamente para a mistura (DOS SANTOS 2008; TOKUDOME NAGUISA, 2009).

3.2 Absorção de água por capilaridade

Na Fig. 2, estão apresentados os resultados das médias de absorção pelo tempo.

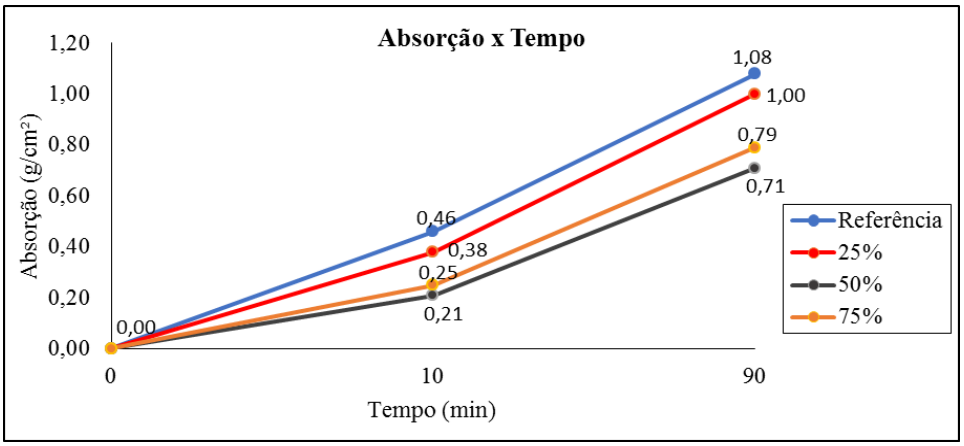


Figura 2. Absorção pelo tempo

Com análise do gráfico, percebe-se que com o aumento da substituição da areia pelo RCD, houve uma redução na absorção. A porosidade do agregado, quantidade de finos e relação a/agl influenciam na absorção por capilaridade.

Para a referência e o teor de 25%, a relação a/agl foi maior, devido grande parte do material utilizado estar seco e apresentar um índice de finuras maior, propiciando o aumento de consumo de água.

Para os teores de 50% e 75%, a absorção foi menor, pois a substituição do agregado miúdo natural seco pelo agregado miúdo reciclado leve e saturado permitiu a cura interna, ou seja, a melhor hidratação do cimento e lubrificação dos grãos, fazendo com que as reações de endurecimento ocorressem de maneira gradativa, devido à água absorvida durante a saturação ser liberada aos poucos para a mistura.

4. CONCLUSÕES

Para esta pesquisa, os teores de substituição são ambientalmente recomendáveis para estudo, pois além de diminuir a quantidade de resíduos a serem descartados, ainda há a reutilização do material na própria construção civil, beneficiando o meio ambiente, que deixará de fornecer elevada quantidade de matéria prima e ainda receberá menos rejeitos.

O teor de substituição de RCD de 50% obteve o melhor desempenho, por apresentar valores vantajosos de absorção e resistência mecânica frente aos outros teores. Além disso, o estudo da utilização desse teor permite a utilização do RCD em maior escala, permitindo assim, a retirada de maior quantidade de resíduos do meio ambiente.

Segundo Ângulo e Figueiredo (2011), controlando-se os teores de substituição e a porosidade dos agregados de RCD torna-se possível seu uso em substituição de materiais na construção civil. Contudo, aconselha-se a realização de estudos mais aprofundados em relação à parte funcional das argamassas para tornar viável tecnicamente a utilização de RCD em sua composição.

Fatores como granulometria do RCD e heterogeneidade do material influenciam nos resultados. Com isso recomenda-se realizar a segregação dos agregados, para que se tenha mínimo de materiais indesejáveis, garantindo maior qualidade dos RCD.

5. REFERÊNCIAS

ABRALPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. “Panorama dos Resíduos sólidos no Brasil”, 2014.

ÂNGULO, S. C.; FIGUEIREDO, A. D. CONCRETO: Ciência e Tecnologia. Concreto com agregados Reciclados. 1 ed. São Paulo. Ibracon, 2011. 2v

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉNICAS. NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n° 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

TOKUDOME, N. Cura Interna. Massa Cinzenta: Itambé, 2009. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/cura-interna/ > Acesso em: 17 de junho de 2016.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE COMPARATIVA DE DEFLEXÕES E TENSÕES EM VIGAS DE AÇO SUBMETIDAS À FLEXÃO SEGUNDO O MODELO DE EULER-BERNOULLI E UM ELEMENTO FINITO TRIDIMENSIONAL

Claudio Luiz Pompermaier
Gilson Francisco Paz Soares
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Av. Sete de Setembro, 1621, Caixa Postal 743
CEP 9709-910, Erechim/RS - Brasil
teclaudioluiz@hotmail.com
gilsonfps@uricer.edu.br

Resumo. *O presente estudo tem por objetivo fazer uma análise comparativa dos valores de deflexões máximas e tensões normais em vigas de aço submetidas a flexão, segundo o modelo de vigas de Euler-Bernoulli e através de simulação numérica via programa ANSYS© Workbench, utilizando um elemento finito tridimensional. Foram analisadas vigas com três tipos de seções transversais (retangular, T e I) e foram considerados diferentes tipos de vinculações, carregamentos e vãos. O elemento finito utilizado é um elemento tetraédrico linear com quatro nós e três graus de liberdade por nó. Os valores obtidos mostraram excelente proximidade de resultado entre os dois métodos, sendo as deflexões máximas mais aproximadas do que as tensões. Foi possível observar maiores diferenças de acordo com o tipo de vinculação da viga, com o tipo de perfil e comprimento do vão.*

Palavras-chave: *Deflexões máximas, tensões normais, vigas de aço, modelo de vigas de Euler-Bernoulli, elemento finito tetraédrico.*

1. INTRODUÇÃO

A determinação da deflexão máxima, comumente conhecido como flecha, é de grande importância no projeto de vigas. Além da flecha, as tensões normais atuantes também são fundamentais no dimensionamento desse tipo de elemento estrutural. As deflexões excessivas, além de comprometer a segurança da estrutura, também acarretam uma série de problemas funcionais, que podem inviabilizar o uso da mesma. Dentre os métodos mais conhecidos para a determinação da deflexão em vigas submetidas à flexão, destaca-se o método analítico, aqui entendido como o modelo de vigas de Euler-Bernoulli, obtido a partir de integrações da equação diferencial da curva elástica. Com o advento do processamento computacional, a simulação numérica através do Método dos Elementos Finitos (MEF), tem sido bastante utilizada na análise de deflexões e tensões atuantes. Conforme Castro Sobrinho (2006), a formulação dos deslocamentos foi uma das primeiras a serem desenvolvidas para a análise de estruturas por meio do MEF.

Tendo em vista o que foi exposto sobre a importância do cálculo das deflexões e tensões e, ainda, diante da existência de diferentes métodos para obter tal resultado, são justificáveis estudos comparativos sobre a aplicabilidade desses métodos nas mais variadas situações estruturais.

2. METODOLOGIA

2.1 Seções transversais

As três seções transversais estudadas apresentam o mesmo momento de inércia em torno do eixo x (I_x) de 1384 cm^4. Este valor foi definido a partir da escolha do perfil I, selecionado no catálogo de perfis laminados estruturais da marca Gerdau (Gerdau, 2017). O perfil I adotado é o W 150x24. As dimensões das demais seções (retangular e T) foram definidas em função do momento de inércia constante.

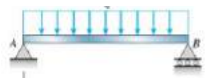
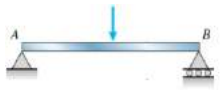
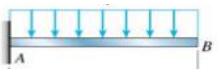
2.2 Comprimento das vigas (vãos)

Foram estudados vãos usuais em edificações residenciais: de 2,00 m a 4,00 m de comprimento variando as análises a cada 0,50 m. Ao todo foram analisados cinco vãos: 2,00 m; 2,50 m; 3,00 m; 3,50 m e 4,00 m.

2.3 Vinculações e modelos de carregamento

O Quadro 1 apresenta as situações de vinculação e carregamento estudadas.

Quadro 1. Situações de vinculações e carregamento estudadas

Viga biapoiada com carga distribuída	
Viga biapoiada com carga concentrada	
Viga em balanço com carga distribuída	
Viga em balanço com carga concentrada	

2.4 O aço

O aço selecionado para o estudo foi o ASTM 572 Gr. 50 com tensão de escoamento (σ_y) igual a 345 MPa, coeficiente de Poisson (ν) igual a 0,32 e módulo de elasticidade (E) igual a 200.00 MPa.

2.5 Definição dos valores de carregamento

Os valores dos carregamentos foram definidos através da verificação das tensões normais atuantes em comparação com a tensão de escoamento do aço. Esse cálculo foi realizado para a viga com o maior vão (4,00m) e o valor obtido para o carregamento máximo foi mantido para os demais vãos, pois com a redução do vão as tensões também tendem a diminuir, afastando-se mais do limite linear-elástico. A Tabela 1 apresenta os valores de carregamento máximo, considerando um vão de 4,00 m.

Tabela 1. Carregamento máximo

Caso	Carga	Unidade	Seção		
			Ret.	T	I
Viga biapoiada com carga distribuída	*q*	kN/m	35,37	28,07	29,84
Viga biapoiada com carga concentrada	*P*	kN	70,73	56,14	59,68
Viga em balanço com carga distribuída	*q*	kN/m	8,84	7,02	7,46
Viga em balanço com carga concentrada	*P*	kN	17,68	14,03	14,92

2.5 Equações analíticas para determinação da flecha

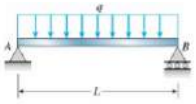
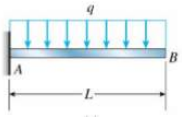
O Quadro 2 apresenta a nomenclatura adotada para cada viga, bem como as equações analíticas utilizadas para a determinação da flecha. Essas equações analíticas são obtidas a partir da equação diferencial linear de segunda ordem que rege o comportamento da linha elástica

$$\frac{d^2v}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI}. \qquad (1)$$

Onde a expressão (d^2v/dx^2) é a segunda derivada da função $v(x)$ que define a curva, $M(x)$ é o momento fletor em função de x, E é o módulo de elasticidade e I é o momento de inércia da seção transversal em relação à linha neutra.

Essa equação aplica-se a vigas cuja curva de deflexão é plana, ou seja, apresentam seção transversal simétrica em relação ao eixo y e cargas perpendiculares à sua linha neutra (Gere, 2003). Além disso, essa resolução é válida para o regime linear-elástico e para pequenas deformações.

Quadro 2. Equações analíticas para a determinação da flecha (Hibeller, 2013)

Viga	Tipo	Perfil	Ilustração	Equação analítica para determinação da flecha
1	Biapoiada com carga distribuída	Retangular		$v_{máx} = -\frac{5qL^4}{384EI}.$
2		I		
3		T		
4	Biapoiada com carga concentrada	Retangular		$v_{máx} = -\frac{PL^3}{48EI}.$
5		I		
6		T		
7	Balanço com carga distribuída	Retangular		$v_{máx} = -\frac{qL^4}{8EI}.$
8		I		
9		T		
10	Balanço com carga concentrada	Retangular		$v_{máx} = -\frac{PL^3}{3EI}.$
11		I		
12		T		

2.6 Equação analítica para determinação das tensões normais atuantes

A tensão normal máxima atuante, devido ao momento fletor, para um material homogêneo e elástico é obtida por

$$\sigma_{máx} = -\frac{Mc}{I}, \tag{1}$$

onde σ_{max} é a tensão normal máxima atuante, M é o momento interno resultante, I o momento de inércia da seção transversal e c é a distância da linha neutra até as extremidades da seção.

2.7 Malha de elementos finitos

A malha de elementos finitos foi gerada utilizando-se o elemento finito tridimensional tetraédrico linear com quatro nós, como mostra a Fig. 1. Cada nó tem liberdade para mover-se com as três componentes de deslocamento. Assim, o elemento possui três graus de liberdade por nó, totalizando doze graus de liberdade.

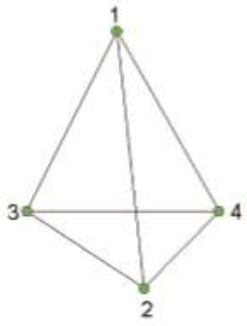


Figura 1. Elemento sólido tetraédrico linear (Ansys, 2017).

3. RESULTADOS

Os resultados de deflexão máxima e tensões normais atuantes obtidos pelos dois métodos estão contidos na Tab. 2. Nessa tabela ainda se encontra o valor da diferença em percentual dos valores obtidos através do MEF para o método analítico.

Tabela 2. Deflexões e tensões obtidas

Viga	Vão (m)	Método analítico		Método numérico		Diferença do método numérico em relação ao analítico	
		Tensão normal (MPa)	Deflexão máxima (cm)	Tensão de von Mises (MPa)	Deflexão máxima (cm)	Tensão (%)	Deflexão (%)
1	2,00	86,26	-0,2662	86,39	-0,2702	0,16	1,49
	2,50	134,77	-0,6499	134,87	-0,6556	0,07	0,88
	3,00	194,07	-1,3477	195,21	-1,3561	0,59	0,62
	3,50	264,16	-2,4968	264,28	-2,5077	0,05	0,44
	4,00	345,02	-4,2594	345,13	-4,2736	0,03	0,33
2	2,00	86,24	-0,2246	90,66	-0,2508	5,12	11,68
	2,50	134,75	-0,5483	139,23	-0,5775	3,32	5,33
	3,00	194,05	-1,1370	199,14	-1,1675	2,63	2,68
	3,50	264,12	-2,1064	263,13	-2,1494	-0,37	2,04
	4,00	344,97	-3,5934	343,46	-3,6321	-0,44	1,08
3	2,00	86,41	-0,2113	86,53	-0,2167	0,14	2,55
	2,50	135,02	-0,5158	134,80	-0,5235	-0,16	1,49
	3,00	194,49	-1,0695	194,07	-1,0797	-0,22	0,95
	3,50	264,73	-1,9815	263,48	-1,9920	-0,47	0,53
	4,00	345,76	-3,3803	345,14	-3,3929	-0,18	0,37
4	2,00	172,49	-0,4259	172,74	-0,4326	0,15	1,59
	2,50	215,61	-0,8318	213,59	-0,8398	-0,94	0,97
	3,00	258,73	-1,4373	256,27	-1,4467	-0,95	0,65
	3,50	301,85	-2,2824	307,16	-2,2936	1,76	0,49
	4,00	344,97	-3,4070	343,04	-3,4195	-0,56	0,37
5	2,00	172,49	-0,3593	162,09	-0,3908	-6,03	8,76
	2,50	215,61	-0,7018	219,29	-0,7304	1,71	4,07
	3,00	258,73	-1,2128	265,26	-1,2637	2,52	4,20
	3,50	301,85	-1,9259	309,06	-1,9406	2,39	0,77
	4,00	344,97	-2,8748	348,94	-2,9031	1,15	0,99
6	2,00	172,51	-0,3380	171,01	-0,3479	-0,87	2,91
	2,50	215,63	-0,6602	214,14	-0,6715	-0,69	1,71
	3,00	258,76	-1,1409	257,27	-1,1536	-0,58	1,12
	3,50	301,89	-1,8116	304,4	-1,8256	0,83	0,77
	4,00	345,01	-2,7042	344,06	-2,7188	-0,28	0,54
7	2,00	86,23	-0,6387	82,293	-0,6384	-2,10	-0,11
	2,50	134,74	-1,5594	130,33	-1,5569	-2,51	-0,11
	3,00	194,02	-3,2336	202,39	-3,231	4,31	-0,08
	3,50	264,08	-5,9906	257,45	-5,9842	-3,27	-0,16
	4,00	344,92	-10,2196	337,69	-10,208	-4,57	-0,05
8	2,00	86,24	-0,5390	91,98	-0,5492	6,65	1,89
	2,50	134,75	-1,3160	138,66	-1,324	2,90	0,61
	3,00	194,05	-2,7288	195,41	-2,7273	0,70	-0,05
	3,50	264,12	-5,0554	260,11	-5,0387	-1,52	-0,33
	4,00	344,97	-8,6243	336,38	-8,5747	-2,49	-0,57
9	2,00	86,28	-0,5072	84,28	-0,5081	-2,32	0,18
	2,50	134,82	-1,2383	132,90	-1,2384	-1,42	0,00
	3,00	194,14	-2,5678	192,54	-2,5657	-0,82	-0,08
	3,50	264,24	-4,7572	263,21	-4,7513	-0,39	-0,12
	4,00	345,14	-8,1156	336,73	-8,0190	-2,44	-1,19
10	2,00	172,46	-1,7033	168,56	-1,7023	-2,26	-0,06
	2,50	215,58	-3,3267	213,49	-3,3223	-0,97	-0,13
	3,00	258,69	-5,7485	251,26	-5,7140	-2,87	-0,60

Viga	Vão (m)	Método analítico		Método numérico		Diferença do método numérico em relação ao analítico	
		Tensão normal (MPa)	Deflexão máxima (cm)	Tensão de von Mises (MPa)	Deflexão máxima (cm)	Tensão (%)	Deflexão (%)
10	3,50	301,81	-9,1285	297,00	-9,1233	-1,59	-0,06
	4,00	344,92	-13,6262	342,72	-13,6140	-0,64	-0,09
11	2,00	172,49	-1,4374	176,76	-1,4444	2,48	0,49
	2,50	215,61	-2,8074	219,02	-2,8237	1,58	0,58
	3,00	258,73	-4,8512	258,11	-4,8452	-0,24	-0,12
	3,50	301,85	-7,7035	294,50	-7,6742	-2,43	-0,38
	4,00	344,97	-11,4990	334,13	-11,429	-3,14	-0,61
12	2,00	172,45	-1,3516	172,32	-1,3536	-0,07	0,15
	2,50	215,56	-2,6399	216,37	-2,6397	0,38	-0,01
	3,00	258,67	-4,5618	260,43	-4,5582	0,68	-0,08
	3,50	301,78	-7,2439	304,48	-7,2357	0,89	-0,11
	4,00	344,89	-10,8131	344,94	-10,797	0,01	-0,15

Os resultados das deflexões máximas e das tensões atuantes obtidos pelo MEF foram muito semelhantes àqueles obtidos pelo método analítico. Isso pode ser observado nos Figuras 2 e 3, que mostram os resultados de deflexões máximas e tensões normais da Viga 1.

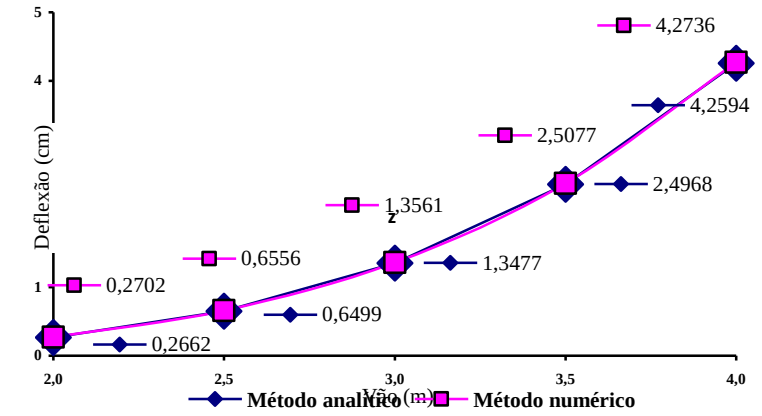


Figura 2. Deflexões máximas da Viga 1.

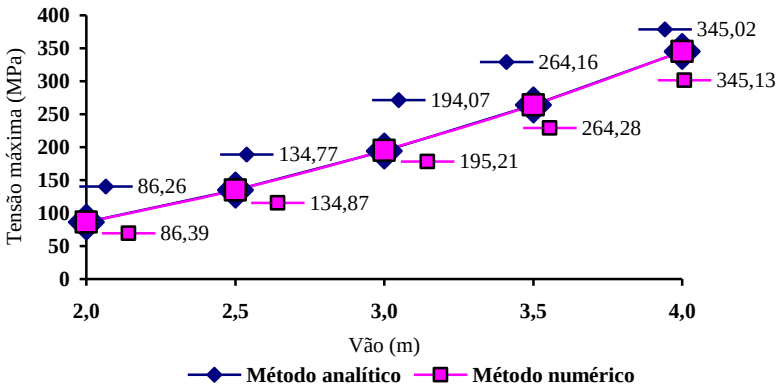


Figura 3. Tensões máximas da Viga 1.

As vigas com perfil I foram as que apresentaram maior variabilidade, tanto para as deformações como para as tensões. As vigas com perfil retangular e T apresentaram menor variabilidade.

Quanto aos resultados das deflexões, as vigas engastadas apresentaram maior proximidade entre o MEF e o método analítico. Já as vigas biapoiadas apresentaram maiores diferenças. Como exemplo, pode-se destacar a diferença entre os resultados da deflexão da Viga 3, que chegou a 11,68%, o maior valor de todos os casos estudados.

Já no caso das tensões observa-se o fenômeno contrário: as vigas biapoiadas apresentaram maior precisão entre os resultados do MEF e do método analítico e a vigas engastadas, maiores diferenças. Como exemplo, pode-se destacar a diferença entre os resultados das tensões na Viga 8, uma viga que chegaram a 6,65%, a maior diferença entre os resultados das tensões máximas.

4. CONCLUSÕES

A aplicabilidade do MEF para o cálculo de deformações e tensões em regime linear é válida, pois os resultados obtidos foram bem aproximados, mesmo se tratando de uma solução unidimensional e outra tridimensional.

Por fim, pode-se concluir que o elemento finito tridimensional utilizado é válido, nos casos das vigas estudadas neste trabalho, para representar com aproximação satisfatória o modelo de viga de Euler-Bernoulli.

5. REFERÊNCIAS

Ansys Inc. User's guide - *CFX Solver Theory*, 2017.

ASTM – American Society for Testing and Materials. *ASTM A 572 - Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel***.** In: Annual Book of ASTM Standards.

Castro Sobrinho, A. S. *Introdução ao método de elementos finitos.* Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

Gerdau, *Perfis estruturais Gerdau – Tabela de Bitolas*, 2017. Disponível em: <https://www.gerdau.com/br/pt/productsservices/products/Document%20Gallery/perfil-estrutural-tabela-de-bitolas.pdf. Acesso em: 30 jun. 2017.

Gere, J. M. *Mecânica dos materiais.* São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

Hibbeler, R. C. *Resistência dos Materiais***.** 7 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2013.

Pfeil, W.; Pfeil, M. *Estruturas de aço: dimensionamento prático*. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

6. DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TEOR DE SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR RESÍDUO CERÂMICO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS PARA PISOS INDUSTRIAIS

Daiane Gasparetto
Beatriz Schimelfenig
Francine Padilha
Cristina Vitorino da Silva
URI Campus II , RS 331, Erechim - RS
daiane.gasp@hotmail.com; beatrizschimelfenig@gmail.com; francine.padilha1609@gmail.com; cristina@uricer.edu.br

Resumo. *O aquecimento da construção civil é um dos grandes responsáveis pelo avanço da economia do país, mas tem por consequência a elevada taxa de geração de resíduos, que na maioria das vezes são depositados de forma incorreta no meio ambiente, esse setor também é responsável pelo consumo excessivo de recursos naturais não renováveis. Tendo em vista esta realidade, obteve-se nesta pesquisa a possibilidade de reaproveitamento do resíduo de cerâmica vermelha gerado pelas olarias, sendo utilizado em substituição parcial do agregado miúdo natural em concretos empregados para pisos industriais, verificando sua influência. Para tanto, efetuou-se a avaliação das propriedades do concreto com adição de agregado miúdo reciclado de cerâmica vermelha (ARCV) nos teores de 0%, 25%, 50% e 75%. Foram feitos ensaios de resistência à compressão e resistência à tração na flexão, os dados obtidos passaram por tratamentos estatísticos. Todos os teores de substituição atingiram a resistência à compressão estabelecida para esta pesquisa e também apresentaram bons resultados quanto a resistência à tração.*

Palavras chave: *Resíduo de cerâmica vermelha, concreto, pisos industriais, resistência à compressão.*

1. INTRODUÇÃO

O constante crescimento do setor da construção civil é um dos principais fatores para o aquecimento da economia do país, entretanto, também é um dos maiores produtores de resíduos.

Tendo em vista a quantidade de resíduos gerados, os investimentos em reciclagem ainda são insuficientes. A destinação incorreta deste material pode causar graves problemas ambientais, como danos ao sistema de drenagem de águas pluviais, entre outros (STAFORTI, 2016). Deste modo, torna-se de extrema importância encontrar uma destinação adequada para os resíduos decorrentes da produção de tijolos cerâmicos que são empregados na construção civil.

Ensaios de retração por secagem livre e restringida em concretos com adição de resíduo de cerâmica vermelha, na pesquisa de Senisse (2015), mostraram a ocorrência da redução na intensidade do fenômeno da retração por secagem e uma diminuição da tendência de fissuração do material.

O manual do ACI 302. 1 R (ACI, 2004), cita a fissuração como sendo uma das mais frequentes manifestações patológicas dos pisos de concreto.

Perante isso, o objetivo deste trabalho foi analisar a influência do teor de substituição do agregado miúdo natural por resíduo de blocos cerâmicos nas propriedades de concretos empregados em pisos industriais.

2. METODOLOGIA

Utilizou-se o cimento Portland CPV-ARI, o qual tem sua composição formada por 95 % a 100 % de clínquer e gesso e de 0 % a 5 % de material carbonático. O agregado graúdo utilizado na pesquisa é de origem basáltica, denominado comercialmente de brita 1. Já o agregado miúdo natural utilizado é uma areia fina de origem quartzosa.

O agregado miúdo de cerâmica vermelha (ARCV) utilizado, é oriundo de blocos cerâmicos que passaram por processo de britagem e peneiramento, sendo classificado como areia grossa.

2.1 Programa experimental

Nesta etapa foram definidos os fatores controláveis, as variáveis de resposta e também a matriz experimental para a execução deste trabalho. Sendo que os fatores controláveis são os teores de substituições nas proporções de 0%, 25%, 50% e 75% e as variáveis de resposta são a resistência à compressão e a resistência à tração na flexão.

2.2 Dosagem experimental

Neste trabalho utilizou-se o método de dosagem IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992), a fim de determinar o teor ideal de argamassa. O abatimento de tronco de cone foi fixado em 100 ± 20 mm e o fck a uma resistência de 30 MPa, já que, como Rodrigues (2011) explica, para pisos industriais esse é o valor mínimo que permite índices aceitáveis de resistência ao desgaste e ancoragem satisfatória para os revestimentos poliméricos de alto desempenho. Após definição do traço efetuou-se a substituição da areia pelo resíduo saturado, nos diferentes teores. A Tab. 1 mostra os traços empregados na produção do concreto, os fatores controláveis e os parâmetros de cada teor de substituição.

Tabela 1. Traço empregado na produção dos concretos.

Fator controlável			**Traço unitário desdobrado**			**Cons. de cimento (kg/m³)**	**Parâmetros**		
Tsr (%)	**Traço unitário**	**Relação a/c**	**c**	**A**	**p**		**α (%)**	**H (%)**	**Abat. (mm)**
0	1:4,42	0,53	1	1,93	2,49	390,62	54	9,78	100
25									100
50									120
75									90

2.3 Moldagem dos corpos de prova

Inicialmente foi necessário untar com desmoldante as fôrmas metálicas cilíndricas de 10 x 20 cm.

Antecedente a moldagem, foi executado o preparo do ARCD, deixando-o submerso em água por 24 horas para sua saturação. Tal processo é recomendado para evitar problemas de trabalhabilidade no momento de concretagem, pois o resíduo apresenta taxa de absorção maior do que o agregado natural.

O processo de adensamento foi feito através do auxílio da mesa vibratória. Após moldados e devidamente vibrados, os corpos de prova foram identificados e cobertos com material não absorvente. Após 24 horas os mesmos foram desmoldados e dispostos em câmara úmida, até completar a idade dos ensaios de 28 dias.

2.4 Ensaio de resistência à compressão

Realizou-se o ensaio de resistência à compressão, aos 28 dias, conforme a Fig. 1, seguindo as determinações da norma brasileira NBR 5739 (2007). Foram ensaiados quatro corpos de prova cilíndricos de concreto nas dimensões de 10 x 20 cm para cada teor de substituição, totalizando 16 CP's. Antes do ensaio os CP's passaram por um processo de retificação.

Figura 1. Ensaio de resistência à compressão uniaxial.

2.5 Ensaio de resistência à tração na flexão

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 12142 (2010), aos 28 dias, conforme Fig. 2. Foram ensaiados dois corpos de prova para cada teor de substituição, totalizando 8 CP's, nas dimensões de 15 x 15 x 50 cm.

Figura 2. Ensaio de resistência à tração na flexão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Ensaio de resistência à compressão

A Fig. 3 mostra, graficamente, a influência do teor de substituição do agregado miúdo por ARCV sobre à compressão uniaxial, obtida através da análise de variância (ANOVA).

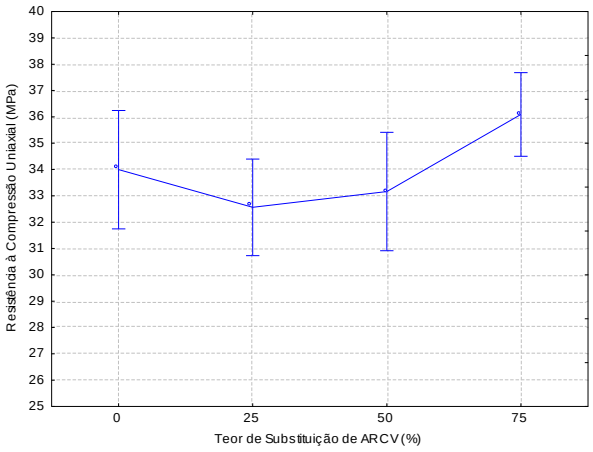


Figura 3. Efeito do teor de substituição do ARCV sobre à compressão uniaxial do concreto.

Ao analisar os valores médios da compressão uniaxial para os diferentes teores de substituição, verifica-se que ficaram próximos ao concreto de referencia (0% de substituição), comportamento este evidenciado também por Senisse (2015) e Cabral (2007). Acredita-se que isto se deve ao fato da ocorrência de cura interna do concreto pela liberação da água presente no interior dos grãos do ARCV, que acontece lentamente com o passar do tempo ocasionando a hidratação do cimento, melhorando a matriz interna e reduzindo a zona de transição entre a matriz cimentícia e os agregados. Além disso, é possível que tenha acontecido a precipitação dos cristais gerados pelas reações de hidratação para a parte interna do agregado cerâmico, devido a sua porosidade.

A resistência à compressão uniaxial dos concretos produzidos com teores de substituições de 25%, 50% teve diminuição de 4,23% e 2,44%, respectivamente, em relação ao concreto de referência (0%), já o teor de 75% teve um acréscimo de 6,14%.

3.2 Ensaio de resistância à tração na flexão

A Fig. 4 apresenta graficamente os resultados.

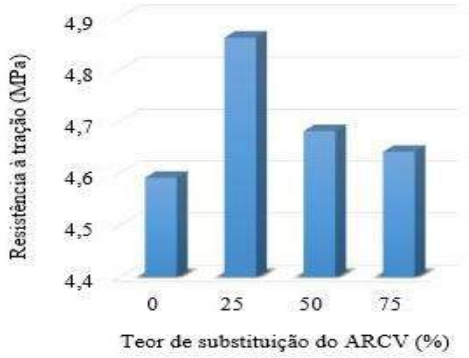


Figura 4. Representação gráfica da resistência à tração na flexão.

Ao analisar os valores médios encontrados, nota-se que os resultados para os concretos com diferentes substituições ficaram muito próximos ao concreto de referência (0%). Isto foi comprovado quando foram analisados estatisticamente através da ANOVA, que mostrou que não houve mudança significativa entre os diferentes teores.

4. CONCLUSÕES

Em conformidade com os resultados obtidos neste estudo, o agregado miúdo proveniente de blocos cerâmicos gera resultados satisfatórios. Acredita-se que o módulo de finura um pouco elevado do agregado miúdo reciclado de cerâmica vermelha, em conjunto com o baixo módulo de finura da areia natural utilizada, trouxe equilíbrio para a mistura, ocasionando "empacotamento granular", ou seja, os grãos mais finos completaram os espaços deixados entre os grãos maiores. Este fato pode ter influenciado nas resistências mecânicas da matriz.

Os teores de 25%, 50% e 75% obtiveram valores dentro da resistência estabelecida de 30 MPa para a resistência à compressão. Apesar de não haver diferença significativa nos resultados da tração na flexão, o uso do resíduo se torna viável, pois não proporcionou prejuízos a esta propriedade, os concretos com ou sem a sua utilização apresentam mesmo comportamento.

Cabe salientar que para tornar viável a utilização do ARCV em substituição do agregado miúdo natural em concretos para pisos industriais, devem ser analisadas outras propriedades de durabilidade dos compósitos, tais como a retração hidráulica, a carbonatação, entre outras. Além disso, ressalta-se que tais concretos devem ser caracterizados e dosados de maneira correta, já que os mesmos dependem de inúmeros fatores, como foi observado no decorrer deste trabalho.

5. REFERÊNCIAS

ACI Committee 302. ACI 302.1R -04. Guide for Concrete Floor and Slab Construction. American Concrete Institute. Farmington Hills, Michigan, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 12142: Concreto: Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

CABRAL, A. E. B. Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Paulo 2007.

HELENE, P.; TERZIAN, P. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo: PINI, 1992.

RODRIGUES, P.P.F. Pisos industriais de concreto. Concreto: Ciência e Tecnologia. V2, capítulo 41, São Paulo. IBRACON, 2011.

SENISSE, J. A. L. Estudo do efeito do agregado cerâmico com diferentes porosidades no comportamento mecânico e de retração livre e restringida de concretos, visando o uso de resíduo de concreto e demolição como agente de cura interna. 2015. 295 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2015.

STAFORTI, R. L. Estudo da influência do agregado reciclado de cerâmica vermelha (arcv) em substituição parcial do agregado graúdo em concretos convencionais. Rio Grande do Sul, 2016.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO PARALELEPÍPEDO QUANTO AO RUÍDO CAUSADO PELA INTERAÇÃO PNEU/PAVIMENTO

Dioice Schovanz
Bruna da Silva
Rodrigo André Klamt
Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI
dioice.s@hotmail.com; brunasilva133@hotmail.com; klamt@uri.edu.br

Resumo. *É perceptível o crescimento desordenado que está ocorrendo nas cidades, ocasionando uma gama gigantesca de problemas sociais e econômicos, já vivenciados nos dias atuais e que terão maior ênfase no futuro. Com isso, ocorre um impacto decorrente do aumento do nível de ruído, principalmente em locais de grande volume de tráfego e áreas densamente povoadas. Perante a esta abordagem tornou-se preponderante avaliar a influência do estado de conservação do revestimento paralelepípedo de algumas vias do município de Frederico Westphalen/RS, quanto ao nível de ruído emitido em decibéis pela interação pneu/pavimento, em total relação com a velocidade dos veículos. Utilizando embasamento metodológico da norma ISO 11819-1 (1997), o Método Estatístico de Passagem (SPB), com o estudo foi possível verificar que a via em estado de conservação precário apresentou-se com um índice estatístico de passagem mais elevado, a diferença de ruído é pequena, de aproximadamente 1%. Contudo, tem-se a conclusão que o estado de conservação para o pavimento com revestimento paralelepípedo interfere no nível de ruído, principalmente se existir proporcionalidade entre o ruído, a velocidade e demais condições climáticas*.

Palavras-Chave: *Pavimento, Ruído, Usuário, Conservação.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente percebe-se um grande crescimento desordenado das cidades, que vem acarretando muitos problemas de âmbitos social e econômico, principiando-se no processo de urbanização e no aumento da necessidade de mobilidade da população. Abstendo-se a um dos problemas provindos deste grande impacto que decorre na atualidade, que é o aumento do nível de ruído, principalmente em locais de grande volume de tráfego (KNABBEN, 2012).

Para Torres et al. (2013) a constante emissão de poluentes e ruídos, provenientes de fontes domésticas e industriais, afetam diretamente as cidades nos dias atuais, tendo como o mais importante emissor de ruídos o tráfego motorizado, o que compromete a vida dos seus habitantes. Torna-se preponderante acrescentar que para Cruz (2013), além de afetar a qualidade de vida, acabam provocando alguns danos severos na saúde humana, como por exemplo: perturbação no sono, perturbação na falta de atenção, perda de audição, estresse, cansaço, aumento da pressão arterial e dores de cabeça.

Segundo Knabben (2012) a poluição sonora tornou-se uma questão de extrema relevância para os centros de pesquisas ao redor do mundo, as quais visam minimizar os níveis de ruídos prejudiciais à saúde humana. Deste modo, devido a sua importância, estas passaram a ser realizadas por diversos países, no intuito de melhorar a qualidade de vida das pessoas.

No entanto, é indiscutível e insubstituível o importantíssimo papel que o modal rodoviário tem sobre a economia e no cotidiano das pessoas do Brasil, porém é inegável o seu grandioso efeito ambiental, causado tanto quando ocorre a implantação das vias, como durante seu uso pela operação dos veículos (SPECHT et al., 2009).

Os pavimentos, tanto urbanos como rodoviários, apresentam defeitos vindos da deterioração dos materiais que os compõem, necessitando, então, de atividades de manutenção e reabilitação para sua correção, para que se possa oferecer aos usuários condições de circulação, segurança, conforto e economia, como foi originalmente previsto em projeto (MASSARO, 2005). Substanciando-se deste modo, pesquisas de âmbito avaliativo quanto à qualidade de um pavimento, como propósito de verificação quantitativa do ruído por ele eminente, utilizando metodologias como a medição do ruído (Medidor de Nível de Pressão Sonora – MNPS), retratando-se que é possível chegar a soluções adequadas para o conforto do usuário ao utilizar vias urbanas, por meio desta investigação.

2. DESENVOLVIMENTO

Esta pesquisa aborda uma metodologia qualitativa e quantitativa, seguindo os preceitos de avaliação impostas como objetivo da mesma. Partindo de delimitações das normatizações para a escolha das vias urbanas de Frederico Westphalen/RS, que foram submetidas a avaliações de ruídos, estas vias seguiram os critérios especificados na norma ISO 11819-1 (1997), para avaliação do ruído do pavimento pelo método estatístico de passagem. Para a aplicação prática deste estudo foram escolhidas duas vias, uma via com o pavimento em perfeitas condições enquanto a outra está com um estado mais precário, possibilitando a realização comprobatória da influência do estado de conservação do pavimento na emissão do ruído, medida em decibéis, e sua relação direta com a velocidade de passagem dos veículos.

2.1 Metodologia

O estudo se desenvolveu com embasamento teórico nas descrições impostas na Norma ISO 11819-1 (1997), com a escolha das vias para estudo no município de Frederico Westphalen/RS, direcionando os resultados frente à qualidade do pavimento, com a quantificação do ruído por ele emitido durante a passagem de veículos na via.

A metodologia empregada foi escolhida com embasamento de que o decibel (dB) é a unidade logarítmica que expressa a razão entre a pressão sonora que está sendo medida e uma referência. Partindo do princípio que o som é composto por uma variedade de frequências, todavia o ouvido humano é capaz de sentir apenas parte desta frequência (áudio - frequência 20-2000 Hz), e os medidores de ruído são capazes de selecionar tais frequências e a escala A dos sonômetros é a que melhor representa a percepção humana. Foram necessários alguns equipamentos para a realização da medição do ruído, sendo estes: 01 Sonômetro com Nível de Ponderação A; 01 Trena de 30 metros; 01 Cronômetro; e 01 Tripé para apoiar o Sonômetro.

As rodovias, por sua vez, são classificadas em três categorias, de acordo com a velocidade de uso. A velocidade de referência para área urbana é de rodovias de baixa velocidade de 40 a 64 km/h, tendo como velocidade referência de 50 km/h. Para a realização das medições, as rodovias devem atender a alguns critérios, como: a extensão da pista deve ter no mínimo 30 metros para ambos os lados a partir da posição do microfone, para velocidades altas esta distância deve ser de 50 metros; o trecho deve ser nivelado e plano; a rodovia deve estar em boas condições, a não ser que a intenção seja estudar o efeito de tal condição; o volume de tráfego deve conter o mínimo de veículos necessários para atender à ISO 11819-1 (1997).

A ISO 11819-1 (1997) aborda outro aspecto muito importante, a separação de categorias para realização do ensaio, quanto à classificação dos veículos, para assegurar que não ocorram erros aleatórios em número inaceitavelmente elevado, deverá ter um número mínimo de veículos, dentro de cada categoria de veículos: Categoria 1 (automóveis) - mínimo 100; Categoria 2a (veículos pesados de eixo duplo) - mínimo 30; Categoria 2b (veículos pesados de eixo múltiplo) - mínimo 30; Categoria 2a e 2b em conjunto (veículos pesados) - mínimo 80.

Ou seja, se houver 30 veículos na categoria 2a, serão necessários 50 veículos dentro da categoria 2b a fim de que as categorias 2a e 2b contenham em conjunto, pelo menos, 80 veículos. A estipulação de números mínimos deve-se às exigências de precisão, por oposição ao tempo necessário para medir o número desejado de veículos no tráfego real.

Para realizar a avaliação do ruído conforme a norma ISO 11819-1 (1997) foi seguido o posicionamento do sonômetro como retrata a Figura 1.

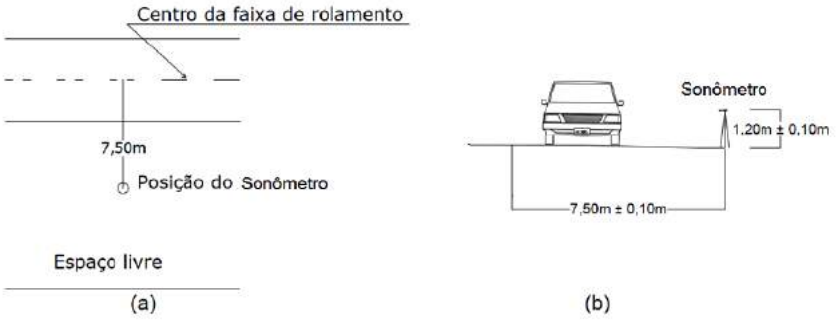


Figura 1 – Posicionamento do microfone: (a) vista superior; (b) vista frontal
Fonte: ISO 11819-1 (1997)

No estudo foi delimitada uma distância nas vias urbanas escolhidas para realizar o cálculo da velocidade do veículo passante, onde foram medidos apenas os veículos que se encaixarem em qualquer uma das categorias. Foi utilizada a Eq. (1) para calcular a velocidade do veículo.

$$V_{média} = \frac{100}{t} x\, 3{,}6 \quad (1)$$

Onde:
- $V_{média}$: Velocidade média (km/h);
- t: Tempo (s).

Neste estudo foi utilizado o Método da Variante de Placa de Apoio para complementar à exatidão do SPB, o qual consiste relativamente na utilização de um microfone embutido em uma placa de suporte rígida e que reflete o som para realizar medições de ruído em área urbana. Foi utilizada uma placa de 1,00 x 1,20m de comprimento e 5,00 cm de espessura. Há ainda a necessidade de realizar uma subtração na medida de ruído encontrada para cada veículo no ensaio SPB, chamada de diferença entre os níveis de pressão sonora ponderada para as medidas de apoio e campo livre, sendo o valor descontado entre 5,0 a 5,8 dB (HAIDER, 2006).

Para o cálculo do índice estatístico de passagem, foi utilizada a Eq. (2), levando em considerações o uso dos fatores preponderantes e as velocidades que a norma impôs, que estão expressos na Tabela 1.

$$SPBI = 10\log[W_1 x 10^{\frac{L_1}{10}} + W_{2a}\left(\frac{V_1}{V_{2a}}\right) x 10^{\frac{L_{2a}}{10}} + W_{2b}\left(\frac{V_1}{V_{2b}}\right) + 10^{\frac{2b}{10}}] \quad (2)$$

Onde:
- SPBI: índice estatístico de passagem (*Statistical Pass-By Index*), para uma média entre veículos leves e pesados;
- L_1, L_{2a}, L_{2b}: valores de pressão sonora para as respectivas categorias de veículo, em dB(A);
- W_1, W_{2a}, W_{2b}: fatores que presumem as proporções das respectivas categorias de veículo, de acordo com a Tabela 1;
- V_1, V_{2a}, V_{2b}: velocidades de referência das respectivas categorias dos veículos, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Velocidade de Referência (Vref) e Fatores Preponderantes (Wx)

Categoria do Veículo	**Nível de Velocidade do Veículo**					
	Baixa		**Média**		**Alta**	
	Vref (km/h)	**Wx**	**Vref (km/h)**	**Wx**	**Vref (km/h)**	**Wx**
Ligeiro	50	0,900	80	0,800	110	0,700
Pesado de 2 eixos	50	0,075	70	0,100	85	0,075
Pesado multi-eixos	50	0,025	70	0,100	85	0,225

Fonte: ISO 11819-1 (1997)

Para tanto, os níveis de ruído dos veículos passantes foram gravados, assumindo-se determinadas proporções das categorias dos veículos, fornecendo um único índice que constitua o resultado final, ou seja, o Índice Estatístico de Passagem (SPBI), sendo este índice usado na comparação de superfícies das vias estudadas.

2.2 Resultados e Discussões

Na realização dos ensaios, foram respeitados todos os segmentos prescritos na ISO 11819-1 (1997), além das adaptações do Método da Variante de Placa de Apoio, respeitando as medidas, velocidades e categoria dos veículos, assim como a classificação exigida para a escolha das vias, sendo vias planas e no perímetro urbano do município de Frederico Westphalen/RS. Foi escolhido por critério de perímetro urbano o mínimo da distância exigida em norma para instalação do equipamento e cronometragem da velocidade, sendo o sonômetro instalado em um ponto estratégico nas vias estudadas, tendo 30m delimitados para cada lado, para ser utilizado nos cálculos de velocidade dos veículos passantes.

As vias de pavimento de paralelepípedo foram escolhidas conforme as descrições exigentes na ISO 11819-1 (1997), sendo uma em bom estado de conservação e uma em estado de conservação precário, para ser possível realizar os estudos característicos da influência do estado de conservação, as quais estão respectivamente representadas nas Figuras 2 e 3.

(a) Rua Presidente Kenedy (b) Rua Carlos Gomes

Figura 2 – Vias Estudadas – Localização na Cidade

(a) Rua Presidente Kenedy (b) Rua Carlos Gomes

Figura 3 – Vias Estudadas – Estado de Conservação

Com a realização do ensaio se obteve de cada veículo o tempo de percurso no trecho de 60m, assim como a medida do ruído expressa em decibéis pelo sonômetro. Foram medidos veículos até a obtenção de 100 veículos passantes da categoria 1, dentro da velocidade mínima exigida pela norma que é de 40km/h e máxima de 64km/h.

Para os veículos das categorias 2a e 2b não se obteve a velocidade exposta em norma, porém com justificativas cabíveis, por se tratar de perímetro urbano, onde a velocidade máxima permitida é de 40km/h e a norma utiliza como velocidade mínima a mesma, houve este empecilho, assim como as condições de trafegabilidade, impedem que os veículos de carga consigam transitar com velocidades maiores.

Todas as medições foram realizadas em dias ensolarados e com o pavimento em condição de estado seco, não havendo assim interferências no ruído pela umidade do pavimento. Desde o horário de chegada até o horário de saída de cada medição, sendo todas realizadas no turno da tarde, aproximadamente entre as 14h00min e 18h00min, foram realizadas medições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, pois estes quesitos climáticos tem grande interferência nos resultados, sendo que nenhum dia foi realizado medições com a velocidade do vento acima de 4,00km/h, pelo fato do vento desviar o ruído eminente até que ele possa ser captado pelo microfone do sonômetro.

Com a compilação dos resultados, se obteve inicialmente os dados necessários para realizar-se-á aplicação da Eq. (2) disposta na metodologia, que é do índice estatístico de passagem, conforme todas as variáveis descritas. Tendo como resultado a comparação apresentada do Gráfico 1, o qual representa a diferença do índice estatístico de passagem entre as duas vias de pavimento paralelepípedo, expressando uma pequena diferença, podendo-se observar que o pavimento de condições precárias apresentou um maior nível de pressão sonora.

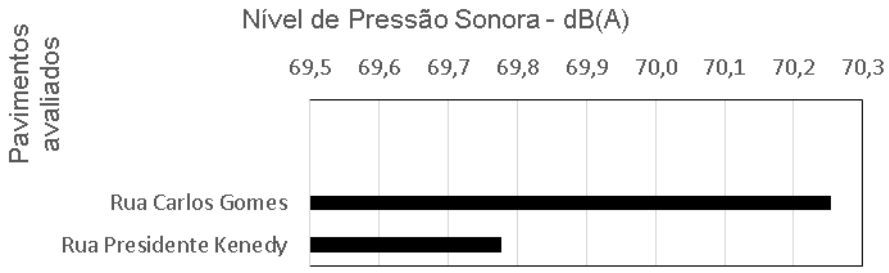


Gráfico 1 – Resultado Comparativo do índice Estatístico de Passagem (dB-A)

Em segunda verificação, coloca-se a velocidade média ao lado do índice estatístico de passagem encontrado de cada uma das vias, para ser possível verificar a interferência da velocidade no resultado que foi encontrado na aplicação da Eq. (2). No entanto poder-se-á analisar que os veículos das 3 categorias estudadas trafegaram no trecho de piores condições com uma velocidade mais elevada, o que também contribuiu para que o índice estatístico de passagem desse maior neste trecho, estando estes resultados expressos no Gráfico 2.

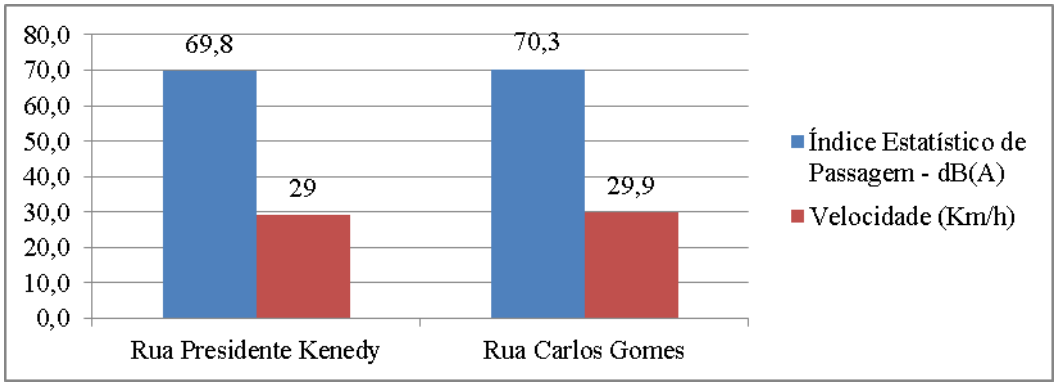


Gráfico 2 – Resultado Comparativo do Índice Estaístico de Passagem (dB-A) x Velocidade (Km/h)

Em foco observacional espera-se que o pavimento de péssimo estado de conservação sempre apresente um resultado de maior nível de ruído, mas é viável salientar que as variáveis condicionantes para este acontecimento são inúmeras, e que nem sempre se obterá um resultado lógico, pois a velocidade de trafegabilidade dos veículos tem uma forte interferência neste resultado. Neste segmento de raciocínio, apresenta-se os dados pré-dispostos em uma média aritmética dos níveis de umidade relativa do ar (%), temperatura (ºC) e vento (km/h), pois estes condicionantes climáticos tem forte interferência nos resultados encontrados, como já mencionado, tendo estas variáveis apresentadas em conjunto com a velocidade e o índice estatístico de passagem das duas vias no gráfico 3.

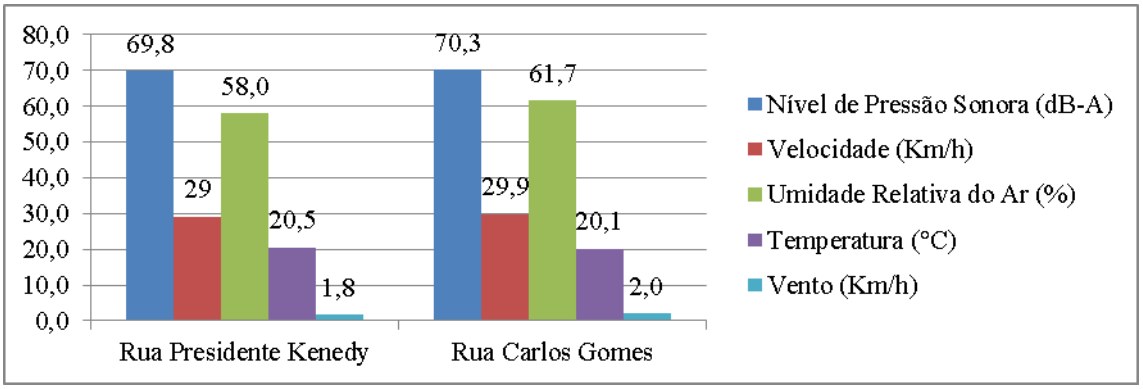


Gráfico 3 – Variações Climáticas e suas Interferências

No entanto, verificaram-se com propriedades preponderantes e sem variabilidade na exatidão dos resultados apresentados que para as duas vias apresentadas de pavimento com revestimento de paralelepípedo, a via com piores

condições de trafegabilidade, que possui menor estabilidade e maiores abaulamentos, apresentou um índice estatístico de passagem mais elevado, e os veículos que contribuíram para este estudo trafegaram pela via com uma velocidade minimamente mais elevada, explicando-se esta velocidade pelo fato da via ter continuidade para suas laterais, sendo que esta continuidade é dita como preferencial para os motoristas, não exigindo que diminuam a velocidade antes de adentrarem na via estudada.

2.3 Conclusão

Com o estudo foi possível ter uma conclusão parcial que o ruído do contato pneu/pavimento não depende apenas do estado de conservação da via, mas também de outros fatores, sendo o principal deles a velocidade. No estudo a via em estado de conservação precário apresentou-se com um índice estatístico de passagem mais elevado, a diferença de ruído é pequena, de aproximadamente 1%, tornando-se importante frisar que em outras tipologias de pavimento pode ocorrer da velocidade e o nível de ruído não serem proporcionais um ao outro e se obter diferentes resultados. Contudo, tem-se a conclusão que o estado de conservação para o pavimento com revestimento paralelepípedo interfere no nível de ruído, principalmente se existir proporcionalidade entre o ruído, a velocidade e demais condições climáticas, como foi o caso deste estudo, interferindo diretamente no ruído gerado pelo contato pneu/pavimento.

3. REFERÊNCIAS

CRUZ, Cindy Johanna Ferreira. Avaliação do Impacto Acústico Produzido pela Intervenção Urbanística na Praça do Toural e Envolvente, Guimarães. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil/ Planejamento e Infraestrutura de Transporte – Universidade do Minho. Setembro de 2013.

HAIDER, Manfred. *Noise classification methods for urban road surfaces. User manual: Measurement methods. European Commission dg Research Sixth framework Programmed priority 6 sustainable development, global change & ecosystems integrated project.* 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 11819-1. *Acoustics – Method for Measuring the Influence of Road Surfaces on traffic noise.* Geneve, Switzerland, 2010.

KNABBEN, Ramon Mendes. Estudo do Ruído Pneu-Pavimento e da Absorção Sonora em Diferentes Revestimentos de Pavimento. Universidade Federal de Santa Catarina – Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Florianópolis, 2012.

MASSARO, Leonardo Curval. Planejamento da execução de remendos em vias urbanas sob o enfoque da logística de serviços. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil: Transportes – Universidade de São Paulo, 2005.

SPECHT, Luciano Pivoto et al. Causas, formas de medição e métodos para mitigação do ruído decorrente do tráfego de veículos. Revista Tecnologia, v. 30, n. 1, p. 12-26, 2009.

TORRES, Margarida et al. Saúde e bem-estar em meio urbano: das políticas à prática. Revista Portuguesa de Saúde Pública, v. 31, n. 1, p. 95-107, 2013.

4. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CORROSÃO DE ELEMENTOS DE AÇO ENTERRADOS EM UM SOLO CARACTERÍSTICO DA REGIÃO DE ERECHIM

Eliane Severo
Anderson Peccin da Silva
José Luís Rodriguez Brochero
URI Campus II , RS 331, Erechim - RS
elianesevero@outlook.com.br; anderson.peccin@gmail.com; joseluis.rb85@gmail.com

Resumo. *Estruturas de aço frequentemente ficam em contato direto com o solo local, seja pela natureza da estrutura ou por falhas no processo construtivo. A corrosão provocada pelo solo influencia a vida útil da obra. A presente pesquisa buscou avaliar a corrosividade do solo da região de Erechim, através de diversas análises em elementos de aço CA-50 submetidos a diferentes condições do solo. Para tanto, como resultados das análises foram determinados diversos parâmetros do solo, como pH, resistividade, teor de umidade, assim como a tensão de escoamento, módulo de elasticidade e a taxa de corrosão gravimétrica das amostras de aço inseridas no solo. Os resultados mostraram que as características do local de estudo são de um solo com alto grau de corrosividade. Foram analisadas as variações das propriedades mecânicas do aço exposto, cujos resultados demonstraram uma relação inversa entre a perda de massa e a taxa de corrosão. Os resultados mostraram que a corrosão teve pouca influência na tensão de escoamento das barras de aço, mantendo-se entre 95 e 100% da tensão de escoamento das barras iniciais. Porém, nas barras inseridas no trecho intermediário (submetidas à variação do nível do lençol freático), observou-se uma redução na tensão de escoamento, fato este que pode ter ocorrido devido ao feito da corrosão eletroquímica. Observou-se que o módulo de elasticidade variou de forma aproximadamente linear até 0,3% do percentual de corrosão, a partir dos 0,3% o módulo apresentou comportamento indefinido.*

Palavras chave**:** *corrosividade do solo, estruturas de aço, taxa de corrosão, tensão de escoamento, módulo de elasticidade.*

1. INTRODUÇÃO

Estruturas como fundações, pilares, contenções e muros de arrimos são projetadas para uma vida útil mínima de 50 anos, conforme a NBR 15575 (ABNT, 2013). A corrosão provocada pelo solo é um assunto de interesse para diversos setores industriais, como setor petroquímico, siderúrgico, naval, aeronáutico, mas principalmente para a Construção Civil. Em estruturas de fundações, por exemplo, podem ocorrer falhas no cobrimento do concreto ou erro de execução, material inadequado, erro nas formas, etc. A corrosão de armaduras é um dos problemas mais críticos, podendo comprometer a segurança e a capacidade de serviço. A corrosão altera as características dos aços afetando seu desempenho e durabilidade, onde os mesmos deixam de satisfazer os fins aos quais se destinam (LOUREIRO et al., 2007; SILVA e BRASIL, 2010; HELENE, 1986).

No caso de estruturas em contato com o terreno, as propriedades do solo influenciam no processo de corrosão. Alguns parâmetros como teor de umidade, grau de aeração, pH, potencial redox e resistividade elétrica são importantes para classificar a agressividade do solo (LOUREIRO, 2005; NÓBREGA et al., 2003).

Nóbrega et al. (2003) estabeleceram níveis de agressividade do solo em função da sua resistividade elétrica. Um alto nível de agressividade corresponde a um valor de até 10.000 Ω.cm, um nível médio está na faixa entre 10.000 Ω.cm e 50.000 Ω.cm e um baixo nível referem-se a valores acima de 50.000 Ω.cm. De acordo com Ferreira (2005), o teor de umidade também influencia na resistividade, sendo de extrema importância no estudo da corrosividade do solo, pois há uma relação inversa com a resistividade.

O pH do solo pode indicar o favorecimento de um processo corrosivo. Os solos com pH inferior a 5 são considerados solos ácidos, contribuindo para uma corrosão severa e uma rápida deterioração dos metais expostos (LOUREIRO et al., 2007).

Ponciano (2004) afirma que o solo, se comparado com outros meios como atmosfera e a água do mar, possui uma dificuldade na sua classificação no que se refere a sua corrosividade, pois depende de parâmetros que variam no espaço. Comparando ainda a corrosão do solo com os outros tipos de corrosão, este ainda é um assunto menos investigado, dada a complexidade do solo como meio corrosivo.

Em estudos anteriores, Oparaodu e Okpokwasili (2014) observaram uma relação inversa entre a perda de massa e a taxa de corrosão em função do tempo para placas de aço enterradas no solo. Almusallam (2001), por sua vez, observou uma variação da tensão de escoamento entre 88 e 101% nas barras corroídas em relação à inicial para barras de 6 mm de diâmetro submetidas a corrosão acelerada em laboratório, e entre 98 e 110% para barras de 12 mm de diâmetro sob as mesmas condições. Do mesmo modo, Maslehuddin et al. (1990) observaram uma variação insignificante na tensão de escoamento para barras corroídas em relação a barras não submetidas a corrosão. Em relação ao módulo de elasticidade, Lee e Cho (2009) observaram uma relação linear entre a variação do módulo e o percentual de corrosão.

Considerando os aspectos previamente mencionados, esta pesquisa visa subsidiar futuros projetos a serem executados na região de Erechim quanto à variação das propriedades mecânicas no aço presente em elementos de aço enterrados ou em contato com o solo.

2. METODOLOGIA

Com o objetivo de determinar a resistência à tração e o módulo de elasticidade em amostras de aço CA-50 enterradas no solo, foram executados ensaios de tração. Já para a determinação da corrosividade do solo foram executados ensaios de resistividade, pH e umidade do solo da área de estudo. Foram adquiridas duas barras de aço CA-50 com comprimento de 12 metros e diâmetro de 16 mm da marca Gerdau. Em seguida foram produzidas e identificadas 16 amostras com comprimento total (L) de 1,50 metros.

As amostras de aço foram alocadas em um terreno argiloso característico da região de Erechim. Prevendo-se que as amostras ficassem expostas em três condições, zona de solo úmido, zona intermediária úmido/saturado (submetida à variação do nível d'água) e na zona saturada, foi executado um furo de sondagem para acompanhamento do nível do lençol freático, como ilustrado na Fig. 1, o qual uma vez por semana foi acompanhado o nível de água, visando demarcar as zonas.

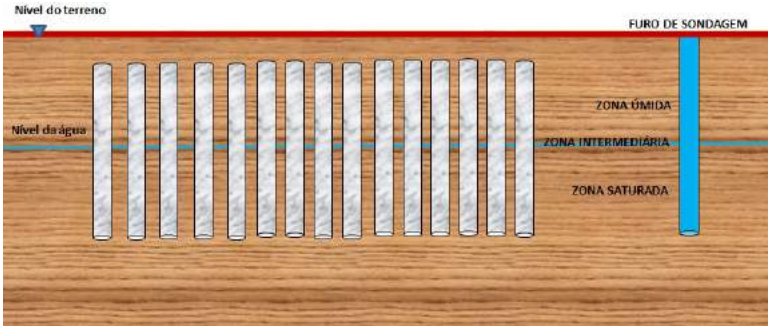


Figura 1. Representação das amostras em perfil.

As extrações das amostras de aço do solo ocorreram aos 60, 120, 180 e 240 dias, após as extrações as amostras foram cortadas conforme NBR 7480 (ABNT, 2007), para realização do ensaio de tração e posterior análise dos resultados. Todos os resultados passaram por um tratamento estatístico, adotado, como sendo a média mais ou menos um desvio padrão.

2.1 Análise de resistividade do solo

A análise da resistividade do solo foi feita de acordo com a NBR 7117 (ABNT, 2012), para a qual utilizou-se o equipamento denominado Terrômetro digital da marca MTD-20KWe em conjunto com estacas auxiliares de aterramento. A resistividade foi medida em três alinhamentos, com 5 metros entre as estacas de aterramento.

2.2 Análise do pH

Para a análise do pH utiliza-se a metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995). Para realizar a leitura do pH do solo utilizou-se o equipamento pHmetro digital PG2000.

2.3 Análise de umidade do solo

Foram coletadas seis amostras de solo do local de estudo, sendo três amostras da superfície e as outras três de um ponto intermediário, a cerca de 70 cm da superfície, essa ação ocorreu a cada 60 dias. Essas amostras foram pesadas em balança de precisão e em seguida passaram por um processo de secagem, as quais permaneceram em uma estufa por 24 horas, em temperatura de 105ºC. Após esse período, as mesmas foram novamente pesadas para determinar o teor de umidade conforme NBR NM 30 (ABNT, 2001).

2.4 Massa das amostras

As amostras foram inicialmente pesadas em balança de precisão da marca Shimadzu modelo BL3200H. Esta ação se renovou em cada extração das amostras do solo, prevista para cada 60 dias. Ressalta-se que, antes das amostras serem submetidas a novas pesagens, foi executada uma leve escovação, com escova de aço, com a finalidade de remover a camada oxidada, conforme NBR 6210 (ABNT, 2008). Também foi separada uma amostra denominada amostra inicial, que foi utilizada como referência na comparação com as demais amostras inseridas no solo.

2.5 Análise da taxa de corrosão gravimétrica

A magnitude da corrosão sobre um elemento pode ser avaliada de diversas formas: em termos de perda de massa, de variação de comprimento linear ou de perda de área, por exemplo. Uma das formas de avaliação mais comum é a taxa de corrosão gravimétrica, ou seja, em função da perda de massa. A perda de massa foi calculada pela diferença entre a massa inicial e massa final de cada barra.

A determinação da taxa de corrosão gravimétrica em (mg/dm²)/dia, foi obtida segundo a Eq. 1 (VAGHETTI, 2005).

$$i_G = \frac{W}{(A \times t)} \quad (1)$$

Onde:
i_G= taxa de corrosão gravimétrica ((mg/dm²)/dia ou mdd)
W= perda de massa (mg)
A= área lateral exposta (dm²)
t= tempo de exposição (dias)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resultados das análises do solo da área de estudo

Na Tab. 1 são apresentados os resultados dos ensaios de resistividade, pH e umidade do solo da área de estudo.

Tabela 1. Resultado das análises feitas do solo da área de estudo.

Resistividade do solo	Como resultado da análise da resistividade do solo, obteve-se um valor médio igual a 348 Ω.cm, que segundo Nóbrega et al. (2003), correspondem a um solo com uma alta agressividade.
Ensaio de pH	Os resultados dos ensaios das amostras de solo mostraram que o solo da área de estudo, classifica-se como sendo um solo ácido com pH médio de 4,90, e portanto, considerado com um potencial de corrosividade severo, conforme afirmação de (LOUREIRO et al., 2007).
Umidade do solo	Nas amostras superficiais foram encontradas uma umidade média de 30,52%, 40,77%, 53,27% e 70,69% e nas amostras a 70 cm da superfície uma umidade média de 43,08%, 46,23%, 57,52 e 68,30%. Observa-se que o teor de umidade aumentou em ambas as amostras, isso se deve a ocorrência de chuvas no período de estudo. De acordo com a relação proposta por Ferreira (2005), as umidades encontradas nas amostras retiradas do local de estudo correspondem a uma resistividade menor que 250 Ω.m, o que sustenta o resultado encontrado nos ensaios de resistividade que classifica o solo como agressivo.

3.2 Taxa de corrosão gravimétrica e perda de massa

Registrada a massa inicial de cada amostra, as mesmas foram alocadas no solo, no qual permaneceram por um período de 60, 120, 180 e 240 dias. Para uma melhor análise, pode-se trabalhar com perdas de massa percentuais, isto é, em relação à massa inicial. Para tal, foram utilizados os valores médios das massas iniciais e massas finais das mostras. Calculou-se, também, a taxa de corrosão gravimétrica, a fim de avaliar a intensidade de corrosão à qual as barras foram submetidas ao longo do tempo. Esses resultados são apresentados na Tab. 2 e na Fig. 2.

Tabela 2. Perda de massa percentual e taxa de corrosão gravimétrica.

Exposição (dias)	Massa inicial média (g)	Massa final média (g)	Perda de massa percentual (%)	Taxa de corrosão gravimétrica (mdd)
60	2.325,18	2.321,46	0,16%	8,22
120	2.322,64	2.315,91	0,29%	7,43
180	2.320,14	2.311,85	0,36%	6,11
240	2.322,12	2.310,91	0,48%	6,20

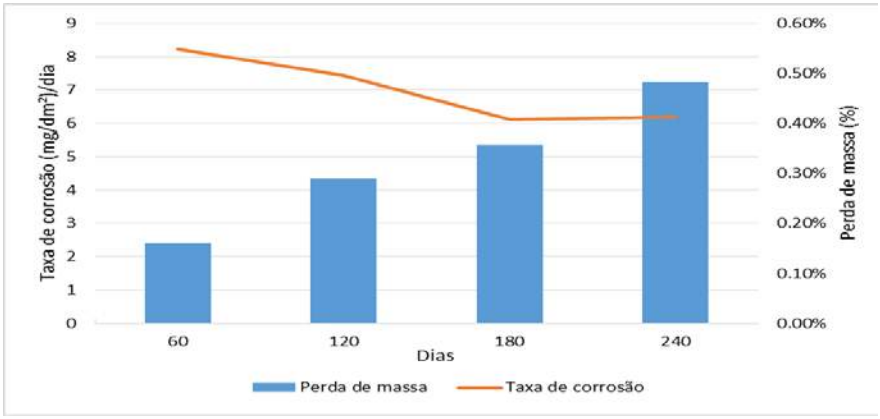


Figura 2. Evolução da massa média das amostras em função do tempo de exposição.

Pela análise feita nas massas médias percebe-se que houve perda de massa em todos os períodos analisados, mas que a taxa de corrosão foi reduzindo com o tempo. Para barras expostas a corrosão no solo durante 60 dias, verificou-se uma taxa de corrosão média superior a 8 mdd, após esse períodos as mesmas continuaram diminuindo. Já para 180 e 240 dias, observou-se uma estabilização da taxa de corrosão, indicando que entre esses períodos a taxa se manteve aproximadamente constante. Esses resultados são compatíveis com os estudos de Oparaodu e Okpokwasili (2014), que demonstraram uma redução gradual da taxa de corrosão em placas de aço enterradas em um solo arenoso e em um solo argiloso. Ainda que os resultados sejam qualitativamente compatíveis, uma comparação quantitativa não é possível pelo fato de os autores supracitados terem analisado a taxa de corrosão em termos de comprimento (polegadas/ano) e não em termos de massa e área superficial (mg/dm²/dia) como apresentado no presente estudo.

3.3 Resistência à tração

A resistência das barras de aço CA-50 à tração é analisada nesse estudo em termos da tensão de escoamento, que representa o fim do trecho elástico e início da plastificação das barras. Os resultados são apresentados em termos de porcentagem da tensão de escoamento inicial, conforme a Fig. 3.

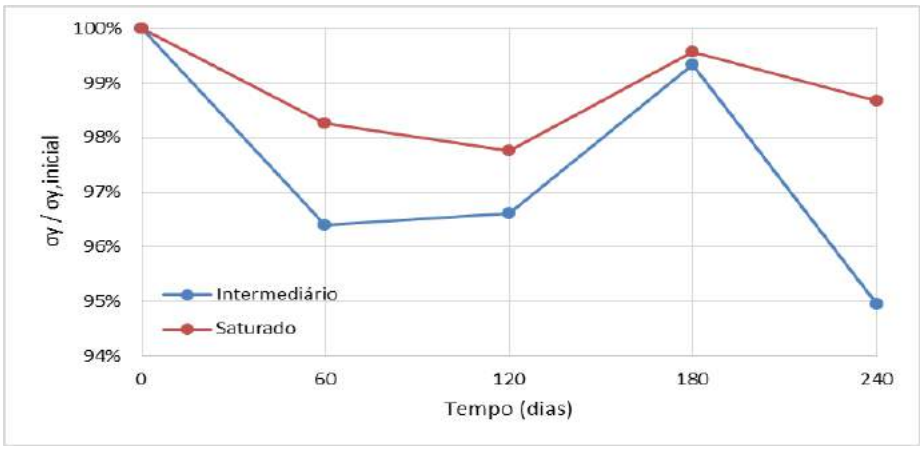


Figura 3. Tensão de escoamento representada em porcentagem em função do tempo de exposição.

Observa-se pelos resultados acima que a corrosão teve pouca influência na tensão de escoamento das barras de aço, visto que estas se mantiveram entre 95 e 100% da tensão de escoamento das barras iniciais sem corrosão. Os resultados do presente estudo são semelhantes aos que foram observados por Almusallam (2001) e Maslehuddin et al. (1990), conforme citado anteriormente.

Observa-se também que os trechos das barras que foram mantidos na zona saturada do solo, ou seja, submersas em água, apresentaram tensões de escoamento maiores do que os trechos intermediários, que estiveram sujeitos à variação do nível d'água. As tensões de escoamento menores encontradas nos trechos intermediários, pode ter ocorrido devido ao efeito de corrosão eletroquímica, o qual ocorre quando o metal entra em contato com um eletrólito, acorrendo simultaneamente reações anódicas e catódicas, o metal se dissolve no ânodo ocorrendo a corrosão, e consequentemente, redução nas tensões de escoamento no trecho intermediário, comprovando os estudos feitos por Nalco (2004). Apesar disso, ambos os trechos mantiveram a mesma tendência de variação ao longo do tempo.

3.4 Módulo de elasticidade

Avaliou-se também, a partir dos resultados dos ensaios de tração, a variação do módulo de elasticidade secante. Os resultados médios do módulo são apresentados em função do percentual de corrosão em massa, conforme Fig. 4. Definida como a variação de massa em função da massa inicial. Esses valores de módulo são os médios entre a zona saturada e a zona intermediária, pois as massas das barras foram pesadas inteiras e não por trechos.

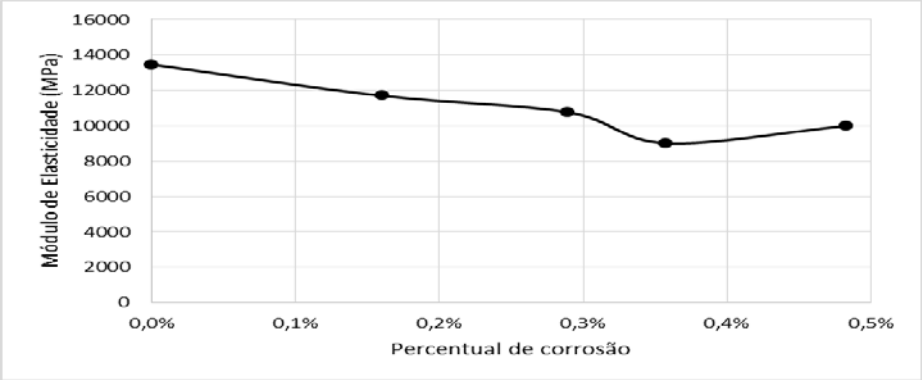


Figura 4. Módulo de elasticidade em função do percentual de corrosão em massa.

De acordo com a Fig. 4, pode-se observar que o módulo de elasticidade varia de forma aproximadamente linear até 0,3% do percentual de corrosão, a partir dos 0,3% o módulo apresenta comportamento indefinido. Porém, no estudo de Lee e Cho (2009), a tendência linear foi analisada até taxas de corrosão de 35% enquanto aqui, só até 0,5%. Contudo, para comparações mais conclusivas, teríamos que levar as barras a maiores taxas de corrosão.

4. CONCLUSÕES

Os parâmetros de resistividade e umidade revelaram que o solo tem uma baixa resistência e pode ser considerado com um alto nível de agressividade. O pH do solo da área de estudo foi classificado como um solo ácido, obtendo-se um valor médio de 4,9, o que pode contribuir para uma corrosão severa e uma rápida deterioração dos metais expostos.

Com base nas análises feitas nas massas médias das amostras, observou-se que houve uma perda de massa em todos os períodos analisados, mas que a taxa de corrosão reduziu em relação ao tempo, comprovando a relação inversa entre a perda de massa e taxa de corrosão, conforme estudos realizados por Oparaodu e Okpokwasili (2014).

A tensão de escoamento oscilou de maneira indefinida para os períodos de exposição analisados, mantendo-se na faixa de 95 a 100% em relação a amostra inicial, sendo resultados similares com o estudo de Almusallam (2001). Observou-se que a tensão de escoamento das amostras inseridas na zona saturada foram maiores em comparação com as amostras inseridas na zona intermediária, fato este, que pode ter ocorrido devido à aeração própria da zona intermediária, o que causa a aceleração do processo de corrosão e consequentemente, redução nas tensões de escoamento neste trecho, de acordo com a afirmação feita por Nalco (2004). Apesar disso, ambos os trechos mantiveram a mesma tendência de variação ao longo do tempo.

A partir dos resultados das análises feitas no módulo de elasticidade, observou-se que o mesmo seguiu uma tendência linear até 0,3% do percentual de corrosão, após teve uma variação. Para resultados mais conclusivos seriam necessários elevar as barras até maiores taxas de corrosão.

Embora o objetivo principal do trabalho tenha sido avaliar a corrosividade do solo da região de Erechim através da análise em elementos de aço enterrados e também a determinação das propriedades mecânicas em função do tempo de exposição, pode-se observar que, ao final do prazo de exposição, 240 dias, o solo foi considerado como não favorável para inserção de metais, portando recomenda-se utilizar uma proteção anticorrosiva. Os valores de taxa de corrosão e perda de massa, assim como módulo de elasticidade tiveram significativas alterações, enquanto a tensão de escoamento não alterou de maneira tão significativa. No entanto, antes desta constatação ser conclusiva, é necessário um estudo mais aprofundado, em que mais amostras sejam ensaiadas, e também submetidas a tempos maiores de exposição.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 6210: Corrosão atmosférica – Materiais metálicos - Preparo, limpeza e determinação da taxa de corrosão de corpos-de-prova em ensaios de corrosão, Rio de Janeiro, 2008.

_____. NBR 7117: Medição da resistividade e determinação da estratigrafia do solo, Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR NM 30: Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR 7480: Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado. ABNT, 2007.

ALMUSALLAM, A. A. Effect of degree of corrosion on the properties of reinforcing steel bars. University of Petroleum and Minerals Dhahran, Saudi Arabia, 2001.

FERREIRA, C. A. M. Estudo da corrosão pelo solo – avaliação da corrosividade de amostras de solo do Continente Antártico e da Região Sudeste do Brasil. Rio de Janeiro, 2005, 124p.

HELENE, P. R. L. Corrosão em armaduras para concreto armado, São Paulo, Pini: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1986.

LEE, H. S.; CHO, Y. S. Evoluation of the mechanical properties of steel reinforcement in concrete specimen as a function of the degree of reinforcement corrosion. School of architecture e archicture engineering Hanyang University, Korea, 2009.

LOUREIRO, A. M. V. Estudo da corrosão em dutos enterrados em solos contaminados por substâncias químicas. Rio de Janeiro, UFRJ/EQ, 2005, 135p.

LOUREIRO, A.; BRASIL, S. e YOKOYAMA Estudo da corrosividade de solo contaminado por substâncias químicas através de ensaios de perda de massa e Índice de Steinrath. *Corros*. 2007, vol.26, n.4, pp.113-121. ISSN 0870-1164.

NALCO, Company, “Corrosion”, Oil Field Chemicals Training Manual. CAPEX College, Nalco Energy Services, Sugar Land, Texas, 2004.

MASLEHUDDIN, M.; ALLAM, I. A.; AL-SULAIMANI, G. J.; AL-MANA, A.; ABDULJAUWAD, S. N. Effect of rusting of reinforcing steel on its mechanical properties and bond with concrete. ACI Materials Journal, v. 87, n. 5, p. 496-502, 1990.

NÓBREGA, C. A.; CHANG, H. K.; BRAGA, A. C. O.; FERREIRA, J.; OLIVA, A.; PEDE, M. A. Z. Avaliação Preliminar da Corrosividade de Solo com o Emprego de Resistividade Elétrica em uma Planta Industrial Utilizada para Armazenamento de Derivados de Petróleo, São Paulo, UNESP, Geociências, v, 22, N, Especial, 2003, p, 83-93.

OPARAODU, K. O,; OKPOKWASILI, G. C. Comparison of Percentage Weight Loss and Corrosion Rate Trends in Different Metal Coupons from two Soil Environments. International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation, v. 2, n. 5, 243-249, 2014.

PONCIANO, J. A. C., Adequação de espessura de parede projetada em função de processos de corrosão externa e interna em gasoduto, 2004, Rio de Janeiro.

SILVA, J. M.; BRASIL, S. Critério de avaliação da corrosividade de solos baseado na sobretenção de hidrogênio. Corros. Prot. Mater. v.29 n.1 Lisboa Jan, 2010.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2 ed. Porto Alegre: Depto de Solos da UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

VAGHETTI, M. A. O., Estudo da corrosão do aço, induzida por carbonatação, em concreto com adições minerais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

EXECUÇÃO DE SERVIÇO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM CONSTRUÇÕES DA CIDADE DE ERECHIM-RS

Emanuela Letícia Pansera
Gilson F. P. Soares
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Erechim, RS, Brasil.
Emanuelapansera.l@gmail.com
gilsonfps@uricer.edu.br

Resumo: *Este estudo enfativa a importância do cumprimento as normas vigentes na construção civil. Busca caracterizar a qualidade dos serviços de alvenaria de vedação da cidade de Erechim-RS a partir de uma pesquisa científica sobre o assunto. Contribuindo para o conhecimento da construção civil, utilizou-se de uma revisão bibliográfica e exploratória sobre o assunto, contemplando os principais requisitos normativos para a conferência da execução desde serviço. Posteriormente, constatou-se através da coleta de dados estatísticos in loco, que as edificações se encontram com uma percentagem. A partir desses resultados podemos caracterizar o cenário da construção civil na etapa de alvenaria de vedação e, nos aspectos não conformes, fazer uma adaptação para melhoria do Sistema.*

Palavras Chave: *alvenaria de vedação vertical, implicações patológicas, construção civil, parâmetros de medição, qualidade.*

1. INTRODUÇÃO

Patologias na construção civil são decorrentes de vários fatores. Esses, como o não cumprimento a normas vigentes, o não segmento a especificações de projetos e falhas na execução, que comprometem a qualidade e a vida útil da edificação. Para evitar essas patologias, não apenas deve-se elaborar um projeto que alie a teoria com a prática, mas a buscar materiais com boa qualidade e a executar corretamente os serviços tem relevância.

É preciso cuidado em vários detalhes in loco, nos serviços e nas etapas construtivas. Um dos sistemas construtivos que tem grande influência nessas patologias é a alvenaria de vedação. Esta, formada por elementos que impedem a ação dos agentes externos, seja ele físico, químico ou biológico, fazendo o fechamento dos vãos estruturais. Tecnicamente, é um componente executado pela união de blocos e os elementos de ligação, formando um conjunto estável e homogêneo, sem função estrutual, agindo como uma barreira que proporciona condições habitáveis.

Inicialmente, tinha apenas a função de dividir ambientes, mas, atualmente é vista como um elemento construtivo e com propriedades importantes, como a resistência dos blocos, a absorção e as dimensões, o traço de argamassa dentre outros. A alvenaria de vedação deve seguir o projeto e a execução conforme normativas assim como as demais etapas.

Neste sentido, ter em mãos planilhas de controle e verificações é de suma importância. Assim, devemos verificar alguns itens, como a espessura das juntas horizontais e verticais, o prumo, a planicidade, o encunhamento etc.

Com o objetivo de avaliar e investigar o atendimento aos requisitos normativos e literários na execução do serviço de alvenaria de vedação vertical com blocos cerâmicos em contruções da cidade de Erechim-RS, foi realizado uma pesquisa científica, revisando a literatura e as normas sobre o assunto, elaborando uma planilha de inspeção do serviço, buscando as obras e realizando as inspeções para averiguar a qualidade desse serviço nesta cidade.

2. PARÂMETROS NORMATIVOS DE INSPEÇÃO *IN LOCCO* DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO

Em vista dos resultados, se reune e examina as informações literárias acerca do tema, da etapa construtiva e dos parâmetros de medição necessários que devem ser inspecionados *in loco*. Busca-se os itens para a conferência, subentendendo que são os mais importantes e possíveis de ser inspeconados na execução: espessura das juntas horizontais de argamassa de assentamento, espessura das juntas verticais de argamassa de assentamento, esquadro, planicidade, prumo, encunhamento, verga de porta, verga de janela e contraverga de janela. Após isso, temos a elaboração de uma planilha de inspeção, realiza-se uma inspeção teste para aferição da planilha e fazer as devidas modificações necessárias, obtendo a planilha definitiva que sera descrita nos próximos itens.

Com isso, temos o detalhamento dos itens de inspeção, como deve ser verificado no canteiro de obras e relatados como falha de execução.

2.1 Esquadro

Tirar o esquadro da parede significa deixar a edificação usando ângulos retos ou de 90 graus. Do contrário, poderá gerar problemas na distribuição dos demais cômodos, mobilia e nas demais etapas.

É inspecionado com esquadro metálico em todos os cantos em 3 diferentes níveis. Pelo livro Souza e Mekbekian (1996), tem-se uma tolerância de 3 mm na ponta do esquadro de maior lado. É muito comum encontrar pilares ou portas nos cantos da parede, portanto esses itens se verificam como NA, – Não Atende - não podendo ser verificado. Temos também a caracterização de cada parede como interna (I) e externa (E) como mostra na tabela abaixo. Estas observações são para todos os itens de conferência.

Tabela 1. Itens para a conferência de Esquadro.

Parâmetro	Instrumento	Procedimentos de Verificação	Tolerância	Condições Especiais	Posição	Medição	Parede 1			Parede 2			Parede 3			Parede 4		
							I ( ) E ( )			I ( ) E ( )			I ( ) E ( )			I ( ) E ( )		
							C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA
Esquadro	Esquadro	Em todos os cantos em 3 diferentes níveis	3 mm/ na ponta do esquadro	.	ESQ/DIRE	Superior	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					ESQ/DIRE	Médio	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
					ESQ/DIRE	Inferior	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

2.2 Prumo

Esse item é um dos mais importantes a ser inspecionados, pois influencia diretamente no desperdício de argamassa e na correção de requadros posteriormente. Com o prumo de face mede-se em três diferentes pontos da parede, no centro, esquerda e direita. Thomaz et. Al. (2009) estabelesse como tolerância 3mm a cada 2m de fio. Segue abaixo tabela para conferência de Prumo.

Tabela 2. Itens para a conferência de Prumo.

Parâmetro	Instrumento	Procedimentos de Verificação	Tolerância	Condições Especiais	Posição	Medição	Parede 1			Parede 2			Parede 3			Parede 4		
							I ( ) E ( )			I ( ) E ( )			I ( ) E ( )			I ( ) E ( )		
							C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA
Prumo	Prumo de face	Prumo em três diferentes pontos (Centro, esquerda	3mm/2m de fio	.	-	Esquerdo												
						Centro												
						Direito												

2.3 Juntas de amarração

De acordo com a NBR 8545, as juntas de amarração são um sistema de assentamento dos componentes de alvenaria. Para fazer a verificação das mesmas, se divide a parede em 3 partes, medindo 3 níveis em cada parte, verticalmente e horizontalmente, com o máximo de 1cm e sem vazios de tolerância, preenchendo conforme a tabela abaixo.

Tabela 3. Itens para a conferência da Espessura das Juntas.

Parâmetro		Instrumento	Procedimentos de Verificação	Tolerância	Condições Especiais	Posição	Medição	Parede 1			Parede 2			Parede 3			Parede 4		
								I ( ) E ( )			I ( ) E ( )			I ( ) E ( )			I ( ) E ( )		
								C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA
Espessura das Juntas	4.1 Horizontais	Trena	Dividir a parede em 3 partes, medindo em 3 níveis em cada parte.	Máximo de 1 cm e sem vazios.	Alvenaria Aparente: Juntas Frisadas	P1/P2/P3	Superior	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
						P1/P2/P3	Médio	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
						P1/P2/P3	Inferior	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	4.2 Verticais					P1/P2/P3	Superior	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
						P1/P2/P3	Médio	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
						P1/P2/P3	Inferior	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

2.4 Planicidade

Com uma régua metálica, em 2 diferentes locais, direita e esquerda, manobrando a régua na diração vertical, horizontal e na diagonal, verifica-se, com a tolerância de no máximo de 5 mm no centro da régua, conforme tabela a seguir:

Tabela 4. Itens para a conferência da Planicidade.

Parâmetro	Instrumento	Procedimentos de Verificação	Tolerância	Condições Especiais	Posição	Medição	Parede 1 I ( ) E ( )			Parede 2 I ( ) E ( )			Parede 3 I ( ) E ( )			Parede 4 I ( ) E ( )		
							C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA
Planicidade		Régua metálica	No mínimo 3 diferentes locais por parede.	< 5mm no centro da régua	DIREITA	Vertical												
						Horizontal												
						Diagonal												
					ESQUERDA	Vertical												
						Horizontal												
						Diagonal												

2.5 Verga e Contra-verga de janela

Verga é um componente estrutural localizado sobre os vãos de alvenaria. Este é um item fundamental para uma qualidade na edificação. Responsável pelo bloqueio da entrada de água e para evitar rachaduras desenvolvidas nos cantos das janelas pela geração de tensão nos mesmos.

A verga e a contra verga, deve estar com uma medida passante nas laterais da janela de no mínimo 20 cm de cada lateral e no mínimo de 10 cm de altura. Se o vão da janela tiver mais que 2.4 metros de comprimento, é necessário fazer o cálculo da verga como uma viga.

2.6 Verga de porta

A verga de porta segue o mesmo procedimento da verga de janela.

2.7 Encunhamento

O encontro da alvenaria com a estrutura superior, chamado de encunhamento, é uma região que ocorre muitas fissuras. Geradas pois, a estrutura transmite os esforços em que estão submetidos e pela retração da argamassa. Para prevenir as fissuras é necessário empregar técnicas e materiais que tem a função de absorver estes esforços e aderir as partes da construção. Com suma importância para a edificação trabalhar, é preciso que há o encunhamento em todas as paredes de todas as paredes.

Pela NBR 8545 temos, a exigência de, se realizado com argamassa, o mínimo de 15 cm, com argamassa expansiva, uma medida de 3 cm e com concreto pré-fabricados, o mínimo de 80 mm. O encunhamento deve ser executado no mínimo 7 dias após a execução da alvenaria. Na tabela abaixo, estão descritos os itens para a verificação do encunhamento, verga de porta e verga e contra-verga de janela.

Tabela 5. Itens para a conferência de verga de porta, verga de janela, contra-verga de janela e encunhamento de parede.

Parâmetro	Instrumento	Procedimentos de Verificação	Tolerância	Condições Especiais	Posição	Medição	Parede 1 I ( ) E ( )			Parede 2 I ( ) E ( )			Parede 3 I ( ) E ( )			Parede 4 I ( ) E ( )		
							C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA	C	NC	NA
Verga de Porta	Trena	Medida passante	Mínimo de 20 cm cada lado nas laterais e 10 cm de altura.	.	-	Superior												
Verga de Janela				.	-	Superior												
Contra verga				Vão maior que 2.4 m cálculo como viga.	-	Inferior												
Encunhamento*	Trena	Medir duas medidas por paredes nas quatro paredes.	Argamassa: mín de 15cm; Arg. expansiva: máx de 3 cm; Concreto pré-fabricados: mín de 80mm	Mínimo de 7 dias após execução da alvenaria.	-	Superior												

3. DELIMITAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para elencar a amostragem, ou seja, as obras que seriam inspecionadas, pesquisou-se as obras municipais com as características necessárias. Buscou-se na divisão de arquivo da Prefeitura Municipal de Erechim-RS - Secretaria de Obras Públicas e Habitação, a informação do total das edificações da cidade já com as características do logradouro e do número de pavimentos. Se seleciona os prédios maiores de 4 pavimentos, entretanto, surge a necessidade de saber quais se encontram na fase de alvenaria de vedação ou etapas anteriores para ser viável a realização das inspeções. Assim, visitou as obras de Erechim, fazendo anotações e selecionando as obras que se encaixam nos requisitos. Segue

abaixo gráfico ilustrativo do total de edificações da cidade, mostrando o decréscimo dos registros de obras da construção civil na cidade. Visando que o total de edificações nos últimos 4 anos foi de 133 obras. Com isso faz-se a media desses 4 anos e temos uma amostragem de 27% desta media com um total de 9 obras selecionadas. Não procura-se as obras pelo aspecto visual delas, nem empresa responsável em especial ou local específico. Busca-se pela viabilidade destas obras estarem na etapa de alvenaria de vedação ou anteriores, e a autorização para as inspeções.

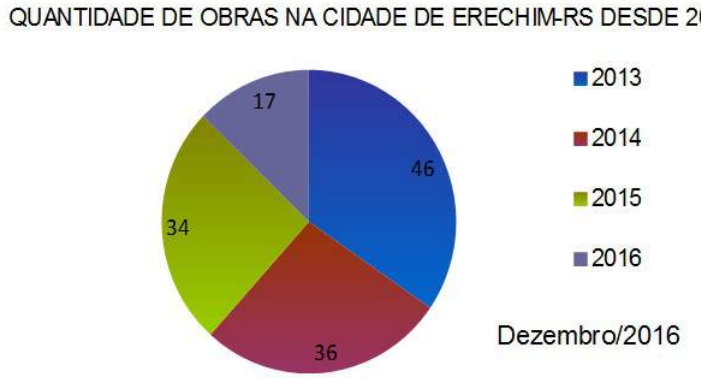


Figura 1. Distribuição por ano da quantidade de obras com registro na cidade de Erechim-RS.

4. INSPEÇÕES E COMPILAÇÕES DOS DADOS

Com as obras inspecionadas, mostra-se na tabela abaixo os itens normativos inspecionados e a totalidade de cada item. Mostra-se a conformidade, na tabela descrita como **C**, a não conformidade, **NC**, e o não atendimento as normas (**NA**). Essa última, criada para quando ouvesse algum impecilho que impedisse a verificação, como uma janela central, uma porta lateral entre outros.

Table 6. Resultados dos dados coletados nas edificações da cidade de Erechim-RS.

COLETA DE DADOS				
TOTAL DE PAREDES	188	PAREDES INTERNAS		139
		PAREDES EXTERNAS		49
		CONFORME (C)	**NÃO CONFORME (NC)**	**NÃO ATENDE**
Planicidade	Vertical	320	76	99
	Horizontal	253	74	168
	Diagonal	242	82	171
	TOTAL	**815**	**232**	**438**
	%	**54,88215488**	**15,62289562**	**29,49494949**
Esquadro	Superior	201	43	192
	Médio	216	44	176
	Inferior	206	51	179
	TOTAL	**623**	**138**	**547**
	%	**47,62996942**	**10,55045872**	**41,81957187**
Prumo	Esquerdo	154	42	57
	Centro	126	51	77
	Direito	146	58	50
	TOTAL	**426**	**151**	**184**
	%	**55,97897503**	**19,84231275**	**24,17871222**
Espessura das	Superior	61	350	0

Juntas Horizontais	Médio	61	350	0
	Inferior	61	350	0
	TOTAL	**183**	**1050**	**0**
	%	**14,84184915**	**85,15815085**	**0**
Espessura das Juntas Verticais	Superior	191	208	12
	Médio	191	208	4
	Inferior	191	208	4
	TOTAL	**573**	**624**	**20**
	%	**47,08299096**	**51,27362366**	**1,643385374**
Verga de Porta		27	60	0
	%	**31,03448276**	**68,96551724**	**0**
Verga de Janela		31	36	4
	%	**43,66197183**	**50,70422535**	**5,633802817**
Contra vergas		36	29	4
	%	**52,17391304**	**42,02898551**	**5,797101449**
Encunhamento		106	122	0
	%	**46,49122807**	**53,50877193**	**0**
Total geral		**2820**	**2442**	**1197**
Total em %		43,66000929	37,80771017	18,53228054

5. CONCLUSÃO

De acordo com a tabela do item anterior, verificamos que as edificações da cidade de Erechim posuem um cumprimento de 43.66% das normas de execução de alvenaria de vedação. Entretanto podemos ver que o não cumprimento as normas vigentes estão com um percentual bem próximo, 37,80%, mostrando que são detalhes que dão essa diferença. Temos também a distribuição do não cumprimento da norma, distribuídos na tabela abaixo.

Tabela 7. Resultados relacionados com a não conformidade de cada item.

ITENS		NÃO CONFORMIDADE	%
Planicidade	1A:	Pilar;	1,628299
	1B:	> 5 mm;	10,66816
	1C:	Janela Centro ;	7,355418
	1D:	Porta	7,916901
Esquadro	2A:	> 3 mm;	4,884896
	2B:	Porta Lateral;	6,176305
	2C:	Pilar no canto;	12,8018
	2D:	Janela	2,919708
Prumo	3A:	> 3mm;	4,379562
	3C:	Janela	2,302077
	3D	Porta	2,582819
	3E	Pilar	1,179113
Espessura das Juntas	4A:	> 1cm;	14,82313
	4B:	Vazios;	2,021336
	4C:	Inexistência de argamassa;	0,056148
Verga de Porta	5A:	< 10cm;	2,358226

	5B:	Não passante 20cm DIREITA;	0,617631
	5C:	Não passante 20cm ESQUERDA;	0,617631
	5D:	Viga é a própria verga;	0,280741
	5E:	Inexistente;	0,617631
	5F	Ferragem exposta	0,280741
Verga de Janela	6A:	Não passante 20cm DIREITA;	0,729927
	6B:	Não passante 20cm ESQUERDA;	0,617631
	6C:	< 10 cm;	1,122965
	6D:	Inexistente;	0,280741
	6D:	Viga é a própria verga;	0,842223
Contra-verga	7A:	Não passante 20cm DIREITA;	0,786075
	7B:	Não passante 20cm ESQUERDA;	0,673779
	7C:	< 10 cm	0,842223
	7E:	Viga é a própria contra-verga;	0,449186
	7F:	Inexistente;	0,336889
Encunhamento	8D:	Inesistente	6,850084
TOTAL			100 %

Podemos perceber a partir da tabela 7, que, apesar do percentual de conformidade (43.66%) ser superior ao de não conformidade (37.80%), temos itens importantes com elevado percentual dentro do não cumprimento. Itens simples como encunhamento, que deveria ser indispensável, com 6.85% não é realizado. A planicidade com 10% ultrapassando a tolerância de 5mm no centro da régua metálica. Mostrando que tem-se muitos itens na execução das edificações que precisam ser melhorados para ter maior qualidade na construção civil da cidade.

6. REFERÊNCIAS

Amaral, S. F. M., 2013. Inspeção e diagnóstico de edifícios recentes – estudo de um caso real. Trabalho de projeto para obtenção do grau de mestre em engenharia civil na área de especialização em edificações - instituto superior de engenharia de lisboa, departamento de engenharia civil. Lisboa, portugal.

Associação brasileira de normas técnicas. NBR 15270-1 - componentes cerâmicos parte 1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — terminologia e requisitos, 2005. Rio de janeiro, brasil.

Associação brasileira de normas técnicas. NBR 15575-5 – edifícios habitacionais de até cinco pavimentos-desempenho - parte 4: sistemas de vedações vertificas externas e internas, 2008. São paulo, brasil.

Associação brasileira de normas técnicas. NBR 8545 – execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos, 1984. Rio de janeiro, brasil.

Salgado, j. C. P., 2009. Técnicas e práticas construtivas para edificação. São paulo, brasil,

Souza, r. E mekbekian, g., 1996. Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras. São paulo, brasil.

Thomaz, e., filho, c. V. M., cleto, f. R. E cardoso, f. F., 2009. Código de práticas nº1. Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos, são paulo, brasil.

Yazigi, w., 2009. A técnica de edificar. São Paulo, Brasil, 10 edição.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material deste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR RESÍDUO DE GESSO EM CONCRETO NÃO ESTRUTURAL

Fabiana Caroline Favero
Francine Padilha
URI – Universidade Regional Integrada – Campus II – RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 – Erechim,RS
fabicf@hotmail.com, francine.padilha1609@gmail.com

Cristiano Zordan Chiochetta
URI – Universidade Regional Integrada – Campus II – RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 – Erechim,RS
cristianozc@uricer.edu.br

Suelen Cristina Vanzetto
URI – Universidade Regional Integrada – Campus II – RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 – Erechim,RS
suelen@uricer.edu.br

Resumo. *O consumo dos recursos naturais de maneira excessiva e incessável vem provocando sérias preocupações ambientais. Por ser um material amplamente empregado na indústria da construção civil e por utilizar alguns dos principais recursos naturais de forma abundante, é de extrema importância realizar novas pesquisas tecnológicas entorno do concreto, visando a diminuição e o reaproveitamento de resíduos de obras, bem como a preservação do meio ambiente. Com o aumento da utilização do gesso em vários setores da construção civil, de paredes a acabamentos, o grande volume gerado de resíduos do mesmo vem surgindo como uma nova alternativa a ser empregada na substituição de materiais tradicionais. Neste contexto, o foco deste trabalho é avaliar o comportamento do concreto não estrutural, com substituição do agregado miúdo por resíduos de gesso. Para o programa experimental, efetuou-se a caracterização dos materiais a serem utilizados na composição do concreto para moldagem dos corpos de prova e foram definidas para a substituição do agregado miúdo as concentrações de 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo, além da mistura referência que não terá a utilização de resíduos. Ensaios laboratoriais foram realizados e constatou-se que a utilização do gesso em substituição parcial do agregado miúdo pode ser viável e pode ser utilizado na produção de concretos com fins não estruturais, como em placas de vedação, calçadas, contrapisos e pisos internos.*

Keywords: *Construção civil, concreto não estrutural, resíduo de gesso.*

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, tida com um indicativo de crescimento econômico e social. Contudo esta também se constitui em uma atividade geradora de impactos ambientais (KARPINSK et al., 2009). Segundo John (2000), este setor é responsável por 20 a 50% do consumo dos recursos naturais extraídos do planeta. Além do consumo de recursos naturais, em grande escala, os grandes empreendimentos de construção ocasionam alteração na paisagem, bem como geram grande volume de resíduos.

Essas quantidades, tanto de extração de recursos naturais como de geração de resíduos, pode ser reduzida expressivamente com a utilização de resíduos como matéria-prima na construção civil. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável (IBDS apud CONSTRUA NEGÓCIOS, 2016), enquanto 90% dos resíduos da construção civil podem ser reciclados, apenas 5% desse total são reaproveitados em nosso país.

Como forma de tentar minimizar os impactos causados por essa geração, a Resolução nº 348, de 2004, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, determinou que o gerador seria o responsável pelo gerenciamento desses resíduos. Com isso novas alternativas estão sendo testadas para que possam contribuir significativamente para a redução de tal desperdício, podendo variar desde melhoras na parte de gerenciamento de obras, passando por investimentos diretos em qualificação profissional até o desenvolvimento de novos produtos com a utilização de resíduos da própria construção civil.

2. METODOLOGIA

2.1 Program experimental

Para que os objetivos desta análise sejam alcançados, foi desenvolvida uma metodologia que segue as etapas contidas na Fig. 1.

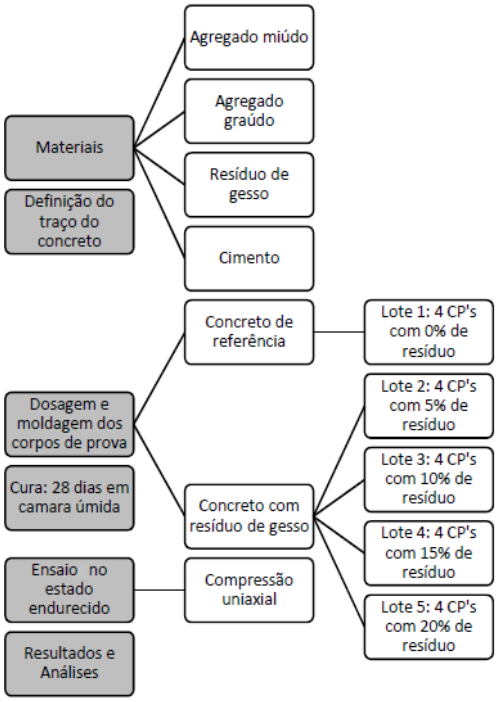


Figura 1 – Programa experimental da pesquisa

O estudo foi realizado no LAPATEC (Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas) da URI – Campus de Erechim, onde foram moldados 4 corpos de prova (Cp's) para cada teor de substituição (5%, 10%, 15% e 20%), além do concreto referência, sem resíduo de gesso.

Os materiais utilizados para a confecção dos Cp's passaram por ensaios de composição granulométrica, onde provou-se a possível utilização dos mesmos por estarem em conformidade com a norma que os rege.

2.2 Método de dosagem e moldagem dos CP's

A elaboração do traço para esse estudo foi através do método de dosagem IPT/EPUSP. Este método, proposto por Helene e Terzian (1992), parte da resistência característica do concreto aos 28 dias (fck), do diâmetro máximo dos agregados e da consistência do concreto para se obter as proporções de areia e pedra britada para cada unidade de cimento, além da obtenção do fator água/cimento. Os parâmetros utilizados são a obtenção de um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm, segundo a NBR NM 67 (ABNT, 1998).

A partir da dosagem experimental, foi definido o traço de concreto para a pesquisa, através da resistência característica (fck) de 25 MPa. Obtendo-se os resultados dispostos na Tab. 1.

Tabela 1. Traço definido pela dosagem experimental

fck (MPa)	fcj (MPa)	Relação a/c	m	Consumo de Cimento (kg/m³)	α	Traço unitário			Aditivo (%)
						c	a	p	
25	31,6	0,5	3,9325	424,72	0,54	1	1,66	2,27	0,1

Para a moldagem dos corpos de prova foram utilizados os seguintes materiais: cimento Portland CP II – Z, areia fina, brita 1, água, resíduo de gesso e superplastificante. Todos os requisitos da NBR 5738 (ABNT, 2015), referente à moldagem e cura de corpos de prova, foram atendidos.

O procedimento consiste, primeiramente, em separar e untar com desmoldantes as formas metálicas cilíndricas de 100 x 200 mm, que visam à redução de perdas de pasta de cimento e de variabilidade dimensional. Para definir a quantidade de substituição de areia por resíduo de gesso, adotou-se o processo de substituição em massa

O processo de adensamento foi feito através do auxílio da mesa vibratória, de modo a garantir uma compactação homogênea dos materiais. Após moldados e devidamente vibrados, os corpos de prova foram identificados com informações da quantidade de substituições utilizadas. Após 24 horas os mesmos foram desmoldados, e posteriormente, dispostos em câmara úmida, até atingirem a idade de 28 dias para o ensaio poder ser realizado.

2.3 Compressão uniaxial de corpos de prova cilíndricos

Seguindo as determinações da norma brasileira NBR 5739 (ABNT, 2007) de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos, em que especifica o método que deve ser utilizado para obter essa propriedade, o ensaio foi realizado aos 28 dias. Os corpos de prova utilizados foram cilíndricos, moldados em formas de dimensões 100 x 200 mm, conforme especificado na NBR 5738 (ABNT, 2015).

O corpo de prova cilíndrico é colocado perpendicular ao eixo longitudinal da prensa hidráulica, como mostra a Fig. 2, onde tensões são inseridas até a ruptura para, assim, obter-se a resistência.

Figura 2 – Corpo de prova sendo ensaiado

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização do ensaio de compressão uniaxial, com e sem substituição de resíduo de gesso, os resultados foram comparados para observar a viabilidade da utilização de resíduo de gesso como substituição ao agregado miúdo no concreto não estrutural.

A resistência à compressão uniaxial é a propriedade utilizada para relacionar a capacidade do corpo de prova em resistir aos esforços aplicados, sem entrar em colapso. Os dados apresentados na Tab. 2 são as médias da resistência à compressão que foram obtidas através da média aritmética e do desvio padrão.

Tabela 2. Resistência à compressão uniaxial aos 28 dias.

Substituição (%)	Média (MPa)	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
0	27,22	0,38	1,40
5	20,09	0,41	2,04
10	19,26	0,26	1,36
15	20,35	0,41	2,01
20	22,26	0,53	2,40

Através da Tabela 1, acima exposta, verifica-se que a resistência à compressão uniaxial para os teores de 5%, 10% e 15% obtiveram um decréscimo de 26,19%, 29,24% e 25,24%, respectivamente, em comparação ao valor de referência com teor de 0% de substituição. Já o teor de 20% de substituição diminuiu em 18,22% a resistência média perante a referência.

A Fig. 3 apresenta a influência do resíduo de gesso sobre a resistência á compressão uniaxial em concretos, através da análise estatística, onde os valores que se apresentam estatisticamente expressivos possuem um nível de significância menor que 5%.

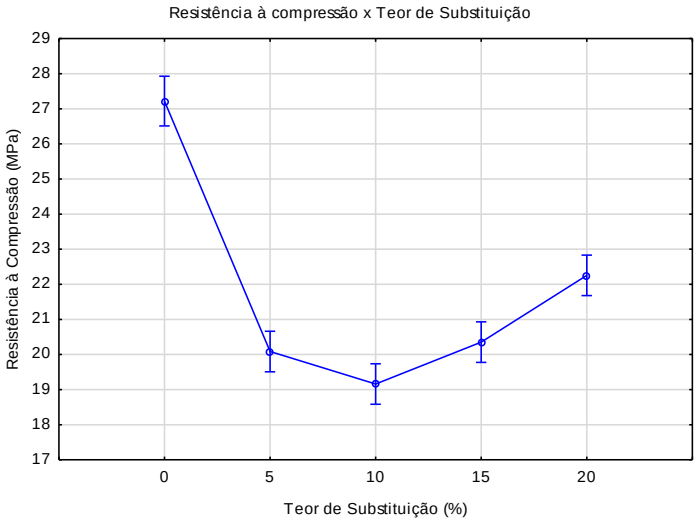


Figura 3 – Efeito do teor de substituição do resíduo de gesso na resistência à compressão uniaxial

Através da Fig. 3, constatou-se que para os teores de 5%, 10% e 15% não houve uma diferença significativa entre as resistências, às quais são de 20,09 MPa, 19,26 MPa e 20,35 MPa, respectivamente. Pode-se analisar que no teor com maior substituição, 20%, a resistência foi de 22,26 MPa

Os teores apresentaram resistências mais baixas devido ao consumo de resíduo de gesso, constituindo um concreto com mais vazios e, consequentemente, mais poroso. De acordo com Mehta e Monteiro (2008), nos sólidos existe uma relação fundamental inversa entre porosidade (fração de volume de vazios) e resistência. Portanto, no concreto, por tratar-se de um material de várias fases, a porosidade de cada componente pode tornar-se fator limitante da resistência. Nos concretos com agregados naturais, geralmente densos e resistentes, a porosidade da matriz, que é a pasta de cimento endurecida, assim como a zona de transição entre a matriz e o agregado graúdo é que influenciam essa propriedade.

Segundo o teste Tukey, pode-se analisar que os teores de 5%, 10% e 15% são iguais estatisticamente entre si e todos os teores são diferentes ao teor de 0%. Isso se deve ao fato de que a aderência entre o agregado e a pasta de cimento é o fator mais importante para definir a resistência do concreto (NEVILLE, 1997). Ainda segundo o autor, a aderência é dividida, em parte, ao intertravamento do agregado e da pasta de cimento hidratada, propiciada pela aspereza da superfície das partículas do agregado. Uma superfície mais áspera resulta numa melhor aderência, devido ao intertravamento mecânico.

4. CONCLUSÕES

Comparando os resultados obtidos, ficou evidenciado que para a propriedade mecânica da resistência à compressão, os melhores resultados em relação ao teor de referência foram dos teores de 15% e 20% de substituição, os quais atingiram uma resistência de 20,35 MPa e 22,26 MPa, respectivamente. Ambos se encaixam como concretos de resistência moderada segundo Mehta e Monteiro (2008), que afirmam que para ser concreto com resistência à compressão moderada devem estar entre 20 MPa e 40 MPa.

Para este trabalho, o lote estudado apresenta-se dentro dos padrões estabelecidos para ser utilizado na construção civil, os teores de substituição são ambientalmente recomendáveis, possibilitando a redução dos impactos ambientais causados pelo descarte de resíduos de gesso, que na maioria das vezes ocorre de forma incorreta. Além disso, contribuirá para a redução da extração de matéria-prima não renovável da natureza.

O teor de 5% de substituição do agregado miúdo por resíduo de gesso, foi considerado o melhor dentre os estudados por apresentar os valores de propriedades mecânicas e de durabilidade melhores que os outros teores e estar dentro do permitido para a norma NBR 6118 (ABNT, 2014).

Com os ensaios realizados, as análises de seus resultados e a proposta apresentada para este trabalho, pode-se concluir que a utilização de resíduo de gesso em substituição ao agregado miúdo natural em concretos não estruturais pode ser viável com todas as porcentagens de substituição. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), concretos não estruturais são utilizados para confecção de blocos de concreto não estrutural, placas de vedação, meios fios, postes para rede elétrica, peças decorativas, calçadas, contrapisos e pisos internos. Para que todos teores possam ser utilizados estruturalmente mais estudos precisam ser feitos para que se torne possível a utilização desse tipo de material.

5. REFERÊNCIAS

ANGULO, S. C.; MUELLER, A. *Determination od construction and demolition recycled aggregates composition, in considering their heterogeneity*. (Vol. Bagneux: Materials and Structures), 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. _____. NBR NM 67: *Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone*. Rio de Janeiro, 1998.

_____. NBR 5738: *Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.* Rio de Janeiro, 2015.

_____. NBR 5739: *Concreto – Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2007.

HELENE, P.; TERZIAN, P. *Manual de dosagem e controle do concreto*. Pini, 1992.

JOHN, V. M. *Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento.* São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2000.

KARPINSK, L. A. et al. *Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental.* Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.* São Paulo: Ibracon, 2008.

NEVILLE, A. M. Propriedade do concreto. São Paulo, (1997).

6. DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

VANTAGENS E DESVANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO 4D EM PROJETOS DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA

Fábio Hoffmann
URI – Erechim, Campus II, RS 331, Erechim - RS
fabio.hoffmann@gmail.com
Darci Luiz Kuiawinski

Resumo. *O presente estudo tem o objetivo de apresentar as vantagens e desvantagens da utilização de um sistema de planejamento 4D frente aos métodos tradicionais utilizados para o planejamento de obras na construção civil, em específico em obras de infraestrutura e como este pode auxiliar na gestão de projetos. Sendo o planejamento 4D uma tecnologia em desenvolvimento no setor da construção civil, é necessário modificar a cultura atual deste setor, em relação a sua utilização e integração da mesma à gestão da informação dos projetos da área. O sistema de planejamento 4D pode auxiliar os gerentes de projetos, por ser um sistema que integra as áreas de projeto e de planejamento em uma mesma plataforma. Este trabalho apresenta o resultado de um estudo de caso sobre a avaliação do planejamento em 4D dentro de uma empresa da construção civil e como este se diferencia dos atuais métodos utilizados pela empresa.*

Palavras Chave: *planejamento, projetos, 4D, BIM, Infraestrutura*

1. INTRODUÇÃO

Para Kawanami *et al.* (2008), o planejamento é fundamental para o sucesso de um projeto, não porque pode garantir o sucesso, mas, sim, porque ele diminui as incertezas presentes em qualquer projeto. Além disso, a participação e comunicação de todos os stakeholders são fundamentais para o sucesso do projeto em todo o seu ciclo de vida.

Segundo Mckinney *et al*. (2000), um sistema de planejamento 4D apoia o processo de captura e dinâmica de gestão da integração entre os componentes do projeto e os recursos ao longo do tempo, dando suporte, em tempo real, de interação dos usuários com o sistema em 4D. Esse sistema também incentiva a comunicação, a aprovação e melhoria dos cronogramas de construção entre as partes interessadas, tais como gerentes da construção, os clientes, projetistas, subcontratados e membros da equipe.

O planejamento 4D associa os objetos existentes na maquete eletrônica a uma atividade do planejamento (SILVEIRA, 2005). Grandes equipamentos (gruas, elevadores provisórios, andaimes etc.) usados na construção podem ser associados a atividades do planejamento e serem visualizados ao longo do tempo, permitindo a detecção de interferências no andamento da obra.

Um dos maiores problemas enfrentados pelas empresas, no cenário atual, é a dificuldade de visualizar corretamente o planejamento de uma obra no espaço, em especial, em obras de grande porte. Quando se faz somente o planejamento, como por exemplo, o diagrama de GANTT, não é possível visualizar o real desenvolvimento da obra a nível espacial. A Modelagem 4D, permite a visualização do andamento da obra, num programa de visualização gráfica, segundo um cronograma. Apresentando uma visão mais real da sequência de construção, permitindo interação com o canteiro em todos os estágios da construção (HUGO, 2016).

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada consistiu na revisão bibliográfica, para buscar o entendimento mais profundo das questões relacionadas à utilização do uso do planejamento e gestão de obras utilizando-se de BIM (4D) e sua relação com os diversos "stakeholders" que utilizam de forma direta (ou indiretamente) os produtos gerados pelos modelos 4D. O embasamento teórico foi realizado buscando-se fontes da literatura conhecida, sobre o assunto em questão, para se obter um conhecimento sobre a abrangência do mesmo, e estabelecer as premissas que servirão de base para a conclusão deste trabalho.

Como este trabalho propôs um comparativo entre o modelo tradicional de planejamento de obras e a utilização de ferramentas para elaboração do planejamento 4D, inicialmente foi feita uma abordagem quanto ao modelo de planejamento de obras executados pela empresa em estudo. Ao fim do mapeamento dos processos utilizados atualmente pela empresa, foi realizada a análise crítica procurando apontar os problemas que ocorrem durante a fase de planejamento e gerenciamento do projeto.

Tratou-se basicamente de analisar o modelo de planejamento utilizado pela empresa e posteriormente elaborar o planejamento fazendo uso da metodologia BIM (Planejamento 4D) de forma a trazer vantagens ao sistema atual. O conhecimento do modelo atual de planejamento se obteve através do acesso aos dados do empreendimento estudado bem como as entrevistas junto ao corpo técnico responsável pela elaboração do planejamento das obras.

O projeto adotado para elaboração do planejamento 4D apresenta uma ponte rodoviária com Trem-Tipo de 45 ton. com 233,08 metros de comprimento por 12,10 metros de largura com acessibilidade de dois veículos em sentidos contrários e passeios para pedestres em ambos os sentidos da ponte. Este empreendimento integra uma série de obras a serem executadas para melhoria do fluxo de veículos do contorno de Capinzal, município do estado de Santa Catarina/SC. A obra em estudo será utilizada para transpor o leito do Rio do Peixe no Município Catarinense.

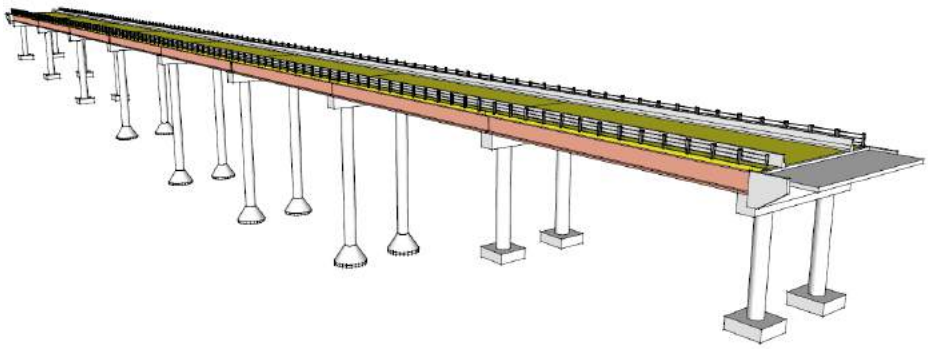


Figura 1 - Modelo 3D da Ponte adotada para elaboração do planejamento 4D.

2.1 Elaboraçao do Planejamento realializado pela empresa para o Empreendimento

Para elaboração do cronograma da obra, são analisadas as informações do projeto, como quantitativos e métodos executivos, verificação das necessidades de subcontratações, além das produções das equipes de serviço.Para esta obra o planejamento de duas tarefas em especial é condicionante para o atendimento dos prazos. A primeira se refere à execução das fundações sobre a lamina d'água tendo sua metodologia construtiva o sistema com tubulão sob ar comprimido. A execução de fundações dentro da água está sujeita a uma série de imprevistos como chuvas intensas que podem danificar as pontes de madeira utilizadas para acesso nos tubulões, além de disponibilidade de mão de obra que é escassa para este tipo de serviço.

Outra tarefa sujeita a imprevistos é a montagem das vigas longarinas sobre o tabuleiro da Ponte. Definições como o tipo de equipamento, acessos e método executivo são fundamentais para atendimento dos prazos previstos.

Cronograma Físico

Item	Etapa / Atividade	DIAS											
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
A	Serviços iniciais e Administração da Obra												
A.001	Elaboração do Projeto Executivo	100,00%											
A.002	Mobilização / Desmobilização da Obra	50,00%											50,00%
A.003	Instalação de Canteiro	100,00%											
A.004	Administração local da Obra	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%	8,50%
001.01	Infraestrutura												
001.01.01	Tubulões - T3, T4, T5, T6	20,00%	20,00%	40,00%									
001.01.02	Sapatas - S1, S2, S7, S8 e S9	40,00%	50,00%	10,00%									
001.02	Mesoestrutura												
001.02.01	Pilares - Pórticos P3, P4, P5 e P6		15,00%	25,00%	30,00%	30,00%							
001.02.02	Pilares - Pórticos P1, P2, P7, P8, P9		20,00%	25,00%	25,00%	30,00%							
001.02.03	Vigas Travessas				35,00%	30,00%	35,00%						
001.03	Superestrutura												
001.03.01	Vigas Longarinas			15,00%	25,00%	30,00%	15,00%	15,00%					
001.03.02	Transversinas Intermediárias							60,00%	40,00%				
001.03.03	Pré-lajes					30,00%	25,00%	20,00%	25,00%				
001.03.04	Capeamento da Laje								50,00%	50,00%			
001.03.05	Cortinas e Alas									30,00%	70,00%		
001.03.06	Placa de Transição												100,00%
001.03.07	Barreira New Jersey										50,00%	50,00%	
001.03.08	Guarda Corpo										50,00%	50,00%	
001.03.09	Acabamentos												100,00%

Figura 2 - Cronograma elaborado pelo Engenheiro como parte do planejamento da obra.

2.2 Análise Critica do modelo atual de planejamento

A decomposição das tarefas realizada pela empresa em questão, pelo fato de abordar atividades as quais serão executadas ao longo de todo o período da obra, enquadra-se em um planejamento de longo prazo. Tal planejamento é realizado de uma forma mais geral, com baixo grau de detalhamento, considerando as grandes definições, tais como emprego de mão de obra própria ou terceirizada, nível de mecanização, organização do canteiro de obra, prazo de entrega e forma de contratação (preço de custo ou empreitada). A empresa não conta com planejamentos de médio e curto prazo, dessa forma, as compras de materiais e contratações, antecipadas pelo planejamento de médio prazo, bem como as decisões referentes a questões específicas da execução da obra não possuem uma sistematização e organização.

Considerando os tipos de planejamentos físicos de obra estudados, o cronograma da empresa aproxima-se das definições trazidas para os diagramas de GANTT, pois traz no eixo das abscissas o tempo e no eixo das ordenadas as tarefas estabelecidas, além de não conter as inter-relações dos diagramas de redes. Conforme conhecimento trazido anteriormente por autoridades no assunto, esse método possui uma distinta facilidade de leitura, entretanto não permite observar o impacto que um atraso terá na duração total da obra ou na execução de outra atividade.

Há uma relação próxima entre o prazo de execução e o custo da obra de forma a ser responsabilidade do corpo técnico da empresa ponderar esses dois fatores de acordo com as necessidades do cliente. Na obra estudada, o planejamento financeiro foi realizado em duas etapas, a primeira trata-se de uma estimativa apresentada ao cliente final sendo esta enquadrada como orçamento paramétrico.

A segunda etapa tratou de um orçamento discriminado exigindo uma quantidade bem maior de dados e um corpo técnico maior e mais especializado. O orçamento discriminado é realizado pela empresa de forma a obter resultados compatíveis com o esperado, entretanto, os processos intermediários são passiveis de falhas já que é uma atividade manual retirar quantitativos de projetos em duas dimensões sendo esse fato agravado com aumento do grau de complexidade dos projetos. Além disso, o fato de não haver uma comunicação direta e automática entre o setor de projetos e o setor de planejamento torna possível à ocorrência da alteração de projetos sem que haja alteração no planejamento.

Percebe-se, portanto que o planejamento não é indispensável apenas para empresas de grande porte, com obras de grande complexidade e envergadura, mas que é altamente aplicável e fundamental também para melhorar o desempenho, garantir competitividade e a subsistência de pequenas e médias empresas.

2.3 Aplicação do modelo 4D a uma obra de Infraestrutura

O desenvolvimento do modelo 4D, do caso em estudo, envolveu as seguintes atividades:

- Revisão do planejamento elaborado pela equipe do projeto;
- Exportação dos modelos 3D do Sketchup para o visualizador BIM Navisworks;
- Importação do planejamento, definido no MSProject, para o Navisworks;
- Associação das atividades do cronograma com os elementos do modelo 3D.

O software Autodesk Navisworks, utilizado como plataforma para desenvolvimento do planejamento deste trabalho, faz o planejamento 4D baseado nos elementos do projeto e nas tarefas da construção (cronograma das etapas previstas no MSProject). Ele importa arquivos de planejamento de diversos programas e faz a conexão das tarefas com o modelo 3D.

O Sistema 4D tem o compromisso de ter a capacidade de avaliar o cronograma original. Sua aplicabilidade estende-se a partir de uma análise visual do cronograma para uma avaliação do caminho crítico do mesmo. O sistema 4D integra o espaço e aspectos temporais de informações da construção, fornecendo previsão de uma análise adicional com liberdade, sem ter que associar mentalmente ou separar os desenhos em 2D e o cronograma.

O Navisworks é um software que auxilia a arquitetura, a engenharia e a construção. Integra, partilha e prevê modelos gravados em diversos formatos com todos os detalhes do projeto. Contudo não é um software de modelação e, portanto, não permite a alteração de elementos dos modelos.

Para gerar o modelo 4D é necessário exportar para o Navisworks os modelos 3D, da arquitetura e da estrutura, e o planejamento da construção, para que seja possível efetuar a vinculação dos elementos dos modelos às tarefas correspondentes. Quanto maior a qualidade e detalhe do modelo e do cronograma, melhor será o resultado final, implicando em mais informações.

No entanto, a definição de uma simulação 4D mais detalhada requer que os elementos construtivos sejam modelados de uma forma que reflita o processo de construção real planejado. Desta forma na modelagem 3D do projeto devem ser consideradas algumas estratégias como:

- Os elementos da construção que sejam compostos por várias camadas e que serão instalados ou executados em instantes temporais diferentes devem ser decompostos, no processo de modelação, em partes distintas para permitir o planejamento preciso das várias camadas individuais;

- Os elementos devem ser modelados por etapas que correspondam ao processo de construção real.

Ao final da associação entre o modelo 3D e o cronograma, o Navisworks possibilita a simulação da construção. A Fig. 3 apresenta a sequência da simulação criada para a ponte em estudo.

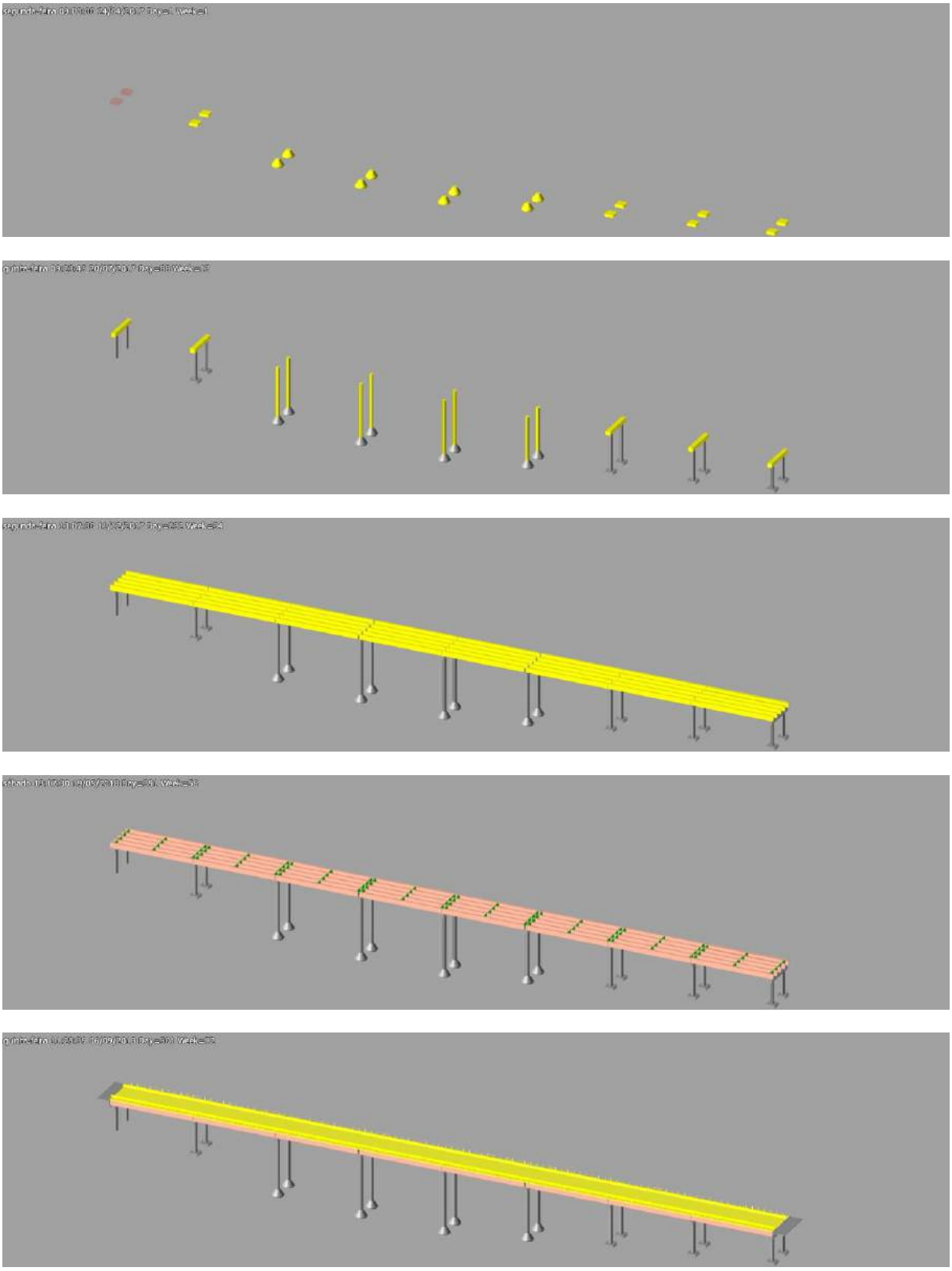


Figura 3 - Sequência da animação da Construção.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do estudo proposto com a elaboração do planejamento 4D foi possível reunir dados suficientes para tecer um comparativo entre o modelo atual de planejamento utilizado pela empresa e o planejamento 4D, resumidamente apresentado na Tab. 01.

Tabela 1 – Comparativo entre o modelo de planejamento atual e o planejamento 4D.

Ferramenta		**Modelo atual de Planejamento**	**Modelo de planejamento 4D**
Visualização	Visualização e interpretação da sequencia executiva	Força os usuários a visualizar mentalmente	Facilita a interpretação
	Antecipação dos conflitos espaço-tempo	Difícil detectar somente com auxilio do cronograma	Identifica conflitos em potencial
	Transmissão do impacto de alterações no cronograma	Difícil detectar somente com auxilio do cronograma	Mostra claramente o impacto.
Integração	Formalização de informações de projeto e construção	Baseado num processo de produção fragmentado	Facilita o compartilhamento de informação
	Interação entre os participantes do projeto	Não promove integração	Promove integração
Análise	Custo e Produtividade	Não fornece suporte	Facilita a detecção
	Antecipação de situações de Risco	Não fornece suporte	Facilita a detecção
	Alocação de recursos e equipamentos	Não fornece suporte	Facilita a detecção
	Simulação de execução	Não fornece suporte	Facilita a geração de cenários alternativos.

4. REFERÊNCIAS

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathellen. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Bookman, 2014.

HUGO, A.V. Planejamento 4D: conceitos e aplicação para a Construção. PMKB, Home page http://pmkb.com.br/artigo/planejamento-4d-conceito-e-aplicacao-para-a-construcao/, 2016. Acesso em: 15 Setembro. 2016.

KAWANAMI D.A. et al. Panorama da formação em Gestão de Projetos em cursos de Engenharia. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.

KOO, B.; FISCHER, M. Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction. Stanford: Center for Integrated Facility Engineering, 1998. Technical Report n. 118.

MACKINNEY K.J. et al. Interactive 4D-CAD. Stanford University, California, EUA, 2000.

MATTOS, Aldo Dórea, Planejamento e Controle de Obras, Pini, São Paulo, 2011.

SILVEIRA, J.S. Programa para Interoperabilidade entre Softwares de Planejamento e Editoração Gráfica para o Desenvolvimento do Planejamento 4D. Dissertação de Mestrado. UFSC. Florianópolis/SC.2005

Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos – Guia PMBOK. 5ª. ed. 2013.

VARGAS, R., Gerenciamento de Projetos, Rio de Janeiro, 7º Edição 236p. Brasport, 2009.

5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DA PEDRA AMETISTA NA PRODUÇÃO DE ARTEFATOS DE CONCRETO

Fernanda De Marco
Maiara Giacomini
Tuani Zat
William Widmar Cadore
URI – Câmpus de Frederico Westphalen – Rua Assis Brasil, 709, Bairro Itapagé, Frederico Westphalen – RS – 98.400-000
fernanda_demarco@hotmail.com; william@uri.edu.br; maiaragiacomini@hotmail.com; tuanizat@hotmail.com

Resumo. *A grande demanda de resíduos sólidos produzidos no planeta vem sendo analisada nesses últimos anos. Nesse contexto, insere-se o referido trabalho que propõe a utilização de rejeitos oriundos da extração de pedra preciosa ocorrente na região do Médio Alto Uruguai.Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade econômica e técnica da utilização de rejeitos de exploração de pedra preciosa e da areia industrial como substituição total dos agregados para a produção de artefatos de concreto. Quanto as perspectivas econômicas, foram levantados os insumos de blocos produzidos no laboratório e comparados com o custo das peças fornecidas no mercado local. Foram moldados em corpos de prova 5x10 em misturas de referência e com substituição dos agregados. Verificou-se a evolução da resistência a compressão após 3, 7 e 28 dias. Com relação às resistências obtidas, a diferença entre os resultados mostraram-se bem próximas, o que evidencia uma semelhança significativa entre as características dos materiais propostos e o agregado natural.Os resultados mostraram um consumo menor de cimento quando comparado ao consumo na fabricação dos blocos com argamassa utilizando o rejeito, o valor por metro cúbico da argamassa se torna aproximadamente 15% mais econômica do que a mistura com a areia natural.*

Palavras-chave: *Concreto, Rejeitos, Pedra Ametista, Sustentabilidade, Análise Econômica*

1. INTRODUÇÃO

1.1 Problema Analisado

A premissa do uso racional de resíduos parte também de normas, a exemplo da NBR 15115 (2004) e NBR 15116 (2004) que estabelecem procedimentos para a utilização de resíduos sólidos da construção civil em pavimentação, preparo de concreto sem função estrutural e execução de camadas de pavimentação, além disso, existem estudos que apresentam vários outros materiais que podem ser reciclados e utilizados substituindo totalmente ou parcialmente os agregados naturais na fabricação do concreto visando uma aplicação conveniente a esses resíduos e, consequentemente, redução da retirada de agregados naturais, como é o caso do vidro, de resíduos de PET, além dos resíduos de construção e demolição já citados acima e isoladores elétricos de porcelana (CAPANEMA et al., 2014; CAMPOS; PAULON, 2015).

Em vista da grande existência de jazidas de pedra ametista na região do Alto Uruguai e da grande quantidade de resíduos provenientes da sua extração que vem se acumulando com o passar dos anos e que até então eram dispostos em encostas de morros e saídas das furnas, optou-se por estudar a sua possível utilização na produção de concreto.

Nesse contexto, a utilização inteligente de rejeitos surge como uma forma de reduzir custos e proporciona benefícios significativos ao meio ambiente, não só por deixar de dispor resíduos inertes na natureza como por reduzir a crescente retirada de agregados naturais.

2. REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Agregados artificiais

Os agregados para construção civil são os materiais mais consumidos no mundo, da mesma forma com que, na produção de concretos e argamassas, eles ocupam cerca de 75% do volume da mistura, por isso, é de se esperar que a qualidade destes materiais tenha uma importância muito significativa para se obter boas características no concreto fabricado, como resistência mecânica, durabilidade e desempenho estrutural. Eles são materiais granulares, com forma e

volume indefinidos, de várias dimensões, porém, aqueles utilizados na área da construção civil devem ter tamanhos e propriedades já determinadas (LA SERNA; REZENDE, 2009).

Na produção dos protótipos propostos para este trabalho foi utilizado um material de origem industrial oriundo do município de Frederico Westphalen, o qual está sendo preparado para utilização na produção de concretos de empresa da região. Este material está em processo de separação para utilização das partículas mais finas apenas, porém, para este projeto ele está sendo ensaiado e será utilizado na forma em que se encontra depois de britado, com partículas de tamanhos variados e principalmente, bastante material fino, o que pode fazer com que a mistura a ser realizada exija uma maior relação a/c para obtenção de uma boa trabalhabilidade e qualidade.

2.2 Artefatos de concreto e cimento Portland

Os blocos de concreto tornaram-se uma ótima solução construtiva, pois além de trazer benefícios a estética final da obra, a sua execução também é facilitada devido à redução de formas e de mão de obra, diminuição de entulho na obra, suprimir rasgos de tubulações de instalações, além de favorecer a rapidez no processo executivo.

Blocos intertravados são peças pré-moldadas de concreto utilizadas para pavimentação que, quando instalados de forma correta, são capazes de resistir à movimentações, afundamento ou quebra, possibilitando uma superfície regular para caminhar ou promover o trânsito de veículos quando os blocos utilizados tiverem maior resistência. Essas peças permitem diversas possibilidades estéticas devido as suas várias opções de formatos, padrões, cores e matizes, além de sua capacidade de suporte e vida útil elevada, podendo ser utilizadas para a pavimentação de praças, jardins, calçadas, estacionamentos, vias urbanas, pátios, acostamentos, entre outros (COSTA; GUMIERI; BRANDÃO, 2014).

Os concretos empregados na produção de blocos são de consistência seca, constituídos por cimento, agregados e água, podendo haver a inclusão de aditivos plastificantes, conforme NBR 11768 de 2011, com o intuito de reduzir o fator água/cimento e facilitar a moldagem das peças. O cimento utilizado para a produção dos blocos geralmente é de alta resistência inicial (CPV-ARI), o que proporciona ao concreto maior rendimento, pois esse tipo de cimento tem alta reatividade em baixas idades devido ao grau de moagem a que é submetido (BRAVO, 2014).

2.3 Avaliação econômica e sustentável

A localidade conhecida como Ametista do Sul é famosa pela grande incidência de derrames basálticos que deram origem as rochas que abrigam pedras preciosas como ametista, ágata, calcita e gipsita, sendo a primeira, a mais encontrada na região. O município que se localiza na região do Médio Alto Uruguai, no Rio Grande do Sul, teve sua origem no século 40. Esse derramamento de basaltos da Formação Serra Geral, como é conhecida essa região para os pesquisadores do assunto, atingiu alguns municípios que circundam a cidade de Ametista do Sul, porém com menor intensidade, mas que até hoje são explorados a procura das pedras.

Mulinari (2011), afirma que a exploração dos geodos de ametista é uma das atividades que mais influenciam na economia de municípios que os produzem, desde a sua descoberta até os dias de hoje, devido a sua grande ocorrência. Em vista disso, e dos rejeitos produzidos com a sua retirada, é relevante a busca de alternativas que visem uma destinação viável para esses resíduos sólidos

A preocupação da sociedade com a preservação do meio ambiente vem se destacando a cada dia, e essa inquietação se dá também pelas indústrias geradoras de resíduos, as quais vêm aplicando os conceitos de sustentabilidade como forma de reduzir os impactos ambientais provocados, mas também visando diminuir os custos de produção. Um desses conceitos utilizados para gerenciamento de resíduos é o conceito dos 3 R's que significam "Reduzir, Reciclar e Reutilizar" e compreendem tanto a área econômica, quanto a ambiental e social (STEPHANOU, 2013).

3. RESULTADOS

Os resultados das resistências obtidas no ensaio de compressão dos corpos-de-prova de referência, produzidos utilizando 100% de areia natural são apresentados na Tab.1, juntamente com a média de cada relação a/c em cada idade, e as medidas de dispersão dos resultados alcançados.

Tabela 1**.** Resistências corpos-de-prova utilizando 100% areia natural.

Idade	3			7			28		
a/c	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
fc (MPa)	9,5	8,20	7,30	11,57	14,60	8,33	14,30	12,3	9,28

Com os corpos-de-prova produzidos substituindo totalmente a areia natural pelo pó da pedra ametista e areia industrial, utilizando 50% de cada um, também foi submetido ao ensaio de resistência à compressão, e os resultados obtidos estão descritos na Tab.2.

Tabela 2. Resistências corpos-de-prova utilizando 50% pó pedra ametista e 50% areia industrial.

Idade	3			7			28		
a/c	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
fc(MPa)	7,70	6,83	4,60	9,33	5,87	4,87	15,70	9,63	8,25

Através da análise da compressão, observou-se que os valores ficaram abaixo das amostras de referência. Esse fato se dá pelo alto teor de material fino introduzido na produção da argamassa. A comparação entre as resistências alcançadas pelas misturas após 28 dias de cura tem uma uniformidade maior nos resultados para a argamassa utilizando areia natural, enquanto que a argamassa produzida com a mistura do pó teve um resultado maior para a relação a/c de 0,4, sendo superior à de argamassa com areia natural, porém as relações a/c de 0,5 e 0,6 mostraram resultados mais distantes dos quase 16 MPa alcançados pela relação 0,4.

3.1 Análise em igualdade de resistência

Optou-se por igualar as resistências para os dois tipos de argamassas sugeridas inicialmente. Para tanto, utilizou-se a equações obtidas pela curva de Abrams e demonstradas na Tab.3, o qual apresenta o fck dos corpos-de-prova produzidos aos 28 dias de idade e calculou-se uma nova relação a/c que iguala as resistências dos traços de R50 e R100 para 10 MPa.

Tabela 3. Igualdade de resistência.

Traço	a/c	f_{c28} (MPa)	Equação da regressão	a/c
R50	0,4	15,7	$y = 53{,}785e^{-3{,}217x}$	0,523
	0,5	9,63		
	0,6	8,25		
R100	0,4	14,3	$y = 34{,}746e^{-2{,}165x0{,}523}$	0,575
	0,5	12,3		
	0,6	9,28		

Para a argamassa que utiliza os materiais alternativos, o traço ficaria "1:4:0,523", enquanto que para a argamassa de referência com areia natural, o traço seria de "1:4:0,575". A partir destes novos traços, foram moldados os blocos vazados para alvenaria e os blocos utilizados como piso intertravados como experimento e para avaliação de quais seriam as dificuldades nos momentos de amassamento e moldagem.

3.2 Análise econômica

A partir dos dados de cada um dos insumos utilizados e as relações a/c que foram trabalhadas é possível fazer o cálculo do consumo de cimento em cada mistura, apresentado na Tab.4.

O consumo de cimento para a mistura com a substituição é cerca de 17% mais baixa para as três relações a/c. Em relação ao custo por m² dos dois traços propostos, a mistura R50 mostra uma economia de 14% comparada com a mistura produzida com os agregados naturais. Em igualdade de resistência de 10 MPa, um novo consumo de cimento foi obtido, apontados na Tab.5

Tabela 4. Análise de consumo e custo para os traços propostos inicialmente.

Traço	a/c	f_{c28} (MPa)	$\Delta_{fc\ (\%)}$	C_c (kg/m³)	$\Delta_{Cc\ (\%)}$	R$/m³	$\Delta_{R\$/m^3}$
R50	0,4	15,7	-	284,15	-	R$ 285,02	-
	0,5	9,63	38,66	276,27	2,78	R$ 275,83	3,22
	0,6	8,25	47,45	268,81	5,40	R$ 267,23	6,24
R100	0,4	14,3	-	346,53	-	R$ 335,14	-
	0,5	12,3	13,99	334,92	3,35	R$ 324,11	3,29
	0,6	9,28	35,10	324,07	6,48	R$ 313,79	6,37

Tabela 5**.** Análise de consumo e custo para os traços em igualdade de resistência.

Traço	a/c	C_c (kg/m³)	Δ_{Cc} (%)	R$/m³	$\Delta_{R\$/m^3}$ (%)
R100	0,523	292,63	-	246,22	-
R50	0,575	326,71	-11,65	291,08	-18,22

O consumo de cimento para o traço utilizando o pó da pedra ametista e a areia industrializada é 11,65% menor, consequentemente, o custo por metro quadrado também é menor para a mistura R50, com diferença de valores de mais de 18%.

3.3 Análise econômica dos protótipos

Observa-se na Tab.6 os efeitos da incorporação de resíduos sólidos gerados a partir da extração de pedra preciosa e de britagem de rochas.

Tabela 6. Análise econômica dos protótipos.

Traço	Tipo	R$ / m³	Volume/unid. (m³)	R$/unid.	R$/ milheiro
R100	Piso Intertravados	291,08	0,0012	0,34	349,29
	Bloco vazado	291,08	0,007239	2,10	2107,13
R50	Piso Intertravados	246,22	0,0012	0,29	295,46
	Bloco vazado	246,22	0,007239	1,78	1782,39

Percebe-se uma grande economia nos protótipos fabricados a partir dos agregados artificiais. Entre os blocos para piso intertravados, a cada mil unidades economizam-se cerca de R$53,83 ou então 15,4%, enquanto que para os blocos vazados, a economia é ainda maior, mostrando mais de R$324,74 de diferença entre milheiros dos dois traços. A Tab.7 indica a comparação entre duas empresas.

Tabela 7**.** Comparação entre protótipos e produtos comerciais.

Traço	Tipo	Protótipos pesquisa		Empresa A		Empresa B	
		R$/unid	R$/mil.	R$/unid	R$/mil.	R$/unid	R$/mil.
R50	Piso Intertravados	0,34	349,29	0,92	920,00	0,574	574,00
	Bloco vazado	2,10	2107,13	3,00	3.000,00	2,16	2160,00
R100	Piso Intertravados	0,29	295,46	-	-	-	-
	Bloco vazado	1,78	1782,39	-	-	-	-

Os resultados como um todo, promoveram uma investigação profunda sobre que forma podemos desfrutar de ganhos econômicos e também ambientais aproveitando resíduos sólidos para a produção de concretos e argamassas. Os resultados obtidos nos traços com relações a/c idênticas, quando comparados entre si, apresentaram uma pequena diferença, evidenciando que as características de ambos os materiais possuem uma semelhança muito grande quando confrontados pela resistência de cada mistura. Em relação a produção de blocos, os resultados mostraram que, além de um consumo menor de cimento quando comparado ao consumo na fabricação destas peças com argamassa utilizando o agregado natural, o valor por metro cúbico da argamassa se torna mais econômica do que a mistura com a areia natural. Salientando que a utilização de materiais alternativos gera além de ganhos ambientais, também ganhos econômicos.

4. XREFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738:** Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116:** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Rio de Janeiro,2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768:** Aditivos químicos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro,2011.

BRAVO, R. S. **Análise de blocos de concreto com resíduo de borracha de pneu e metacaulim**. 2014, 75 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira. 2014.

CALLISTER Jr., W.D. **Ciência e Engenharia de Materiais**. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CAPANEMA, D. C. O. et al. Estudo do uso de rejeitos como agregados para o concreto. **Percurso Acadêmico.** Belo Horizonte, v. 4, n. 7, p.135-144, jan./jun. 2014.

CAMPOS, M. A.; PAULON, V. A. Utilização de agregados alternativos de isoladores elétricos de porcelana em concretos. **Concreto y cemento. Investigación y desarrollo.** Florida, v. 7, n. 1, p. 30-43, dez. 2015.

COSTA, A. V.; GUMIERI, A. G.; BRANDAO, P. R. G. **Piso intertravado produzido com rejeito de sinter feed**. **Rev. IBRACON Estrut. Mater.** São Paulo, v. 7, n.2, p. 228-259, abr. 2014.

FIORITI, C. F.; INO, A.; AKASAKI, J. L. **Análise experimental de blocos intertravados de concreto com adição de resíduos do processo de recauchutagem de pneus**. Máringá, v. 32, n. 3, p. 237-244, 2010.

LA SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. **Agregados para construção civil.** São Paulo, 2009

MULINARI, M. **Análise do processo de produção da extração de pedras preciosas visando alternativas rentáveis e ambientalmente eficazes.** 2011, 80 f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2011

STEPHANOU, J. Gestão de resíduos sólidos: um modelo integrado que gera benefícios econômicos, sociais e ambientais. **Sustentabilidade: Resultados de Pesquisas do PPGA/UFRGS.** Porto Alegre, abr. 2016.

5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelas informações impressas neste documento.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

NIVELAMENTO DE DOIS TRECHOS RODOVIÁRIOS COMPARANDO O USO DE NÍVEL ÓPTICO E ESTAÇÃO TOTAL, DE ACORDO COM AS NORMAS DO DNIT

Fernando Cantoni
Leandro de Mello Pinto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
Universidade Federal de Santa Maria; Av. Roraima, n° 1000; Santa Maria; Rio Grande do Sul; Brasil
nando.cantoni@hotmail.com; leandro.m.pinto@ufsm.br

Vanessa Fátima Alves
Nadine Carla Dias
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
vanessa.sulcoreser@gmail.com; nadinecarlad@gmail.com

Resumo. *Este estudo teve como objetivo analisar a locação de bordo de dois trechos: o primeiro, da rodovia RS-331 que se situa do trevo da intersecção da RS-331 com a BR-153 até o início do trevo de acesso a URI – Câmpus 2 com comprimento total de 720 m; e o segundo, de parte da rua Dr. Sidney Guerra, intersecção com a BR-153 até a entrada de acesso da fábrica de Balas Peccin, com comprimento total de 570 m, utilizando Nível Óptico e Estação Total, a fim de verificar qual dos dois equipamentos traz melhor custo/benefício e maior precisão, de acordo com o que estabelecem as normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. O levantamento topográfico utilizando o Nível Óptico demonstrou-se 356% acima do erro de fechamento para o trecho 1 e 470% para trecho 2, respectivamente, segundo as normas da NBR 13.113. Quanto à Estação Total, foi verificado que a mesma demonstrou-se 18,3% mais precisa que o Nível Óptico, no trecho 1, e 13,4%, no trecho 2, respectivamente. Ainda, a Estação Total demonstrou-se 64,3% mais rápida que o Nível Óptico no trecho 1 e 42,9% no 2, respectivamente, demonstrando que esse equipamento pode ser eficaz na utilização em pequenas distâncias.*

Palavras-chave: *topografia, equipamentos, altimetria, estradas*

1. INTRODUÇÃO

O rápido avanço tecnológico vivido pelo mundo nas últimas décadas tem impactado e influenciado diferentes áreas e formas de atuação do homem frente ao seu meio. Na área de mensuração topográfica não foi diferente, pois diversas metodologias passaram a serem utilizadas buscando o uso adequado de equipamentos, maior facilidade nos procedimentos e redução do tempo para a realização do levantamento.

O DNIT determina, por meio de suas instruções de serviço (IS-204 e IS-205 do Manual de Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários), que para realizar a locação do eixo de uma estrada, deve ser executado o nivelamento geométrico, com o auxílio de um nível, para obter as cotas dos pontos que foram locados. Além disso, determina como e quais são as etapas a serem seguidas, os equipamentos utilizados (de acordo com a sua precisão), como elaborar as apresentações destes trabalhos que foram executados em campo e os estudos que devem antever estas etapas, exemplo, estudos hidrológicos (BRASIL, 2006).

Para o DNIT, na fase de estudos topográficos para apoiar a elaboração dos projetos básicos de engenharia, objetiva-se obter modelos digitais de terrenos, que são de extrema importância para avaliar o melhor traçado das rodovias. A instrução de serviço referente a estes serviços é a IS-204. A fase de estudos topográficos de projetos executivos, tem o objetivo de materializar em campo, tudo aquilo que foi proposto no projeto básico. A instrução de serviço referente a estes serviços é a IS-205. Nas instruções IS-204 e IS-205 encontram-se a tolerância admitida a partir da teoria dos erros (ABNT, 1994).

Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo analisar a locação de bordo de uma rodovia em serviço, utilizando nível óptico e estação total, a fim de verificar qual dos dois equipamentos traz melhor custo/benefício e maior precisão, comparando seus resultados com os já obtidos no primeiro trecho, porém com outro trajeto, levando em conta o que estabelecem as normas do DNIT.

2. METODOLOGIA

2.1 Local de estudo

O estudo que embasa a presente pesquisa foi realizado em dois trechos, o primeiro, o início do trevo da intersecção da RS-331 com a BR-153 (coordenadas, 27°37'17.9"S 52°14'14.1"W) até o início do trevo de acesso a URI – Campus 2, (coordenadas, 27°37'03.6"S 52°13'50.9"W) com comprimento total de 720 m (Fig. 1a). O segundo trecho foi localizado na rua Dr. Sidney Guerra, conexão com a BR-153 (coordenadas, 27°37'19.3"S 52°14'16.4"W) até a entrada de acesso da fábrica Peccin (coordenadas 27°37'30.8"S 52°14'35.0"W), com comprimento total de 570 metros (Fig. 1b).

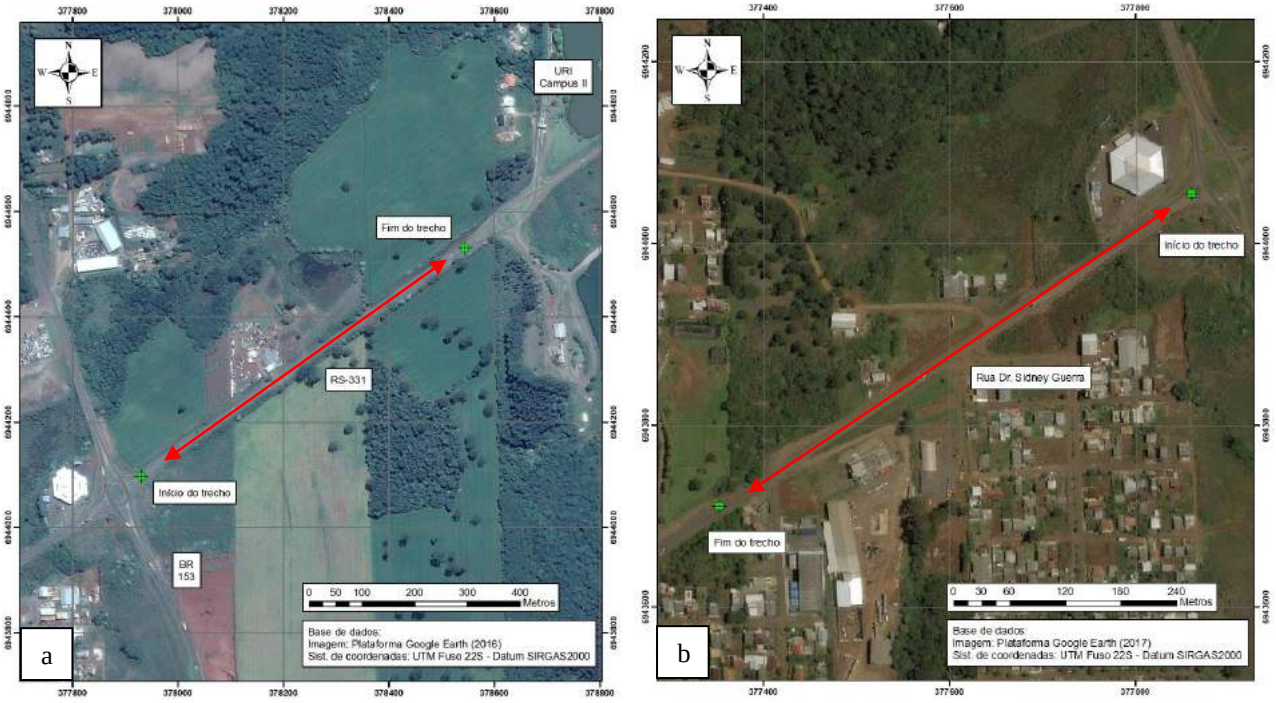


Figura 1. Trecho 1 (a) e trecho 2 (b)

2.2 Procedimentos de execução do levantamento

2.2.1 Nível óptico

Inicialmente foi definido o ponto P1 a uma cota de 700 m, e a partir dele a cada 30 m foi realizada uma marcação no acostamento da estrada para indicar os próximos pontos. O nível óptico foi sempre nivelado entre meio os pontos para fazer a leitura da ré e da vante dos mesmos e, depois da coleta de todos os dados, foi feito o contranivelamento utilizando os mesmos pontos, começando pelo ponto final P20.

O nível óptico utilizado para o desenvolvimento deste estudo é da marca Leica modelo Jogger-24 que possui a seguinte configuração:

- Aumento de luneta de 24x (vezes);
- Distância de foco mínima de 1,0m;
- Compensador de +/- 15';
- Círculo graduado com graduação de 360°
- Parafuso infindável de precisão horizontal a ambos os lados para apontar com facilidade
- Peso do equipamento de 1,5kg;
- Resistente aos salpicos (IP54) para a sua aplicação em condições extremas;

Segundo a NBR 13.133/94 esse nível tem precisão alta de classe IIN.

2.2.2 Estação total

Inicialmente colocamos a estação sobre o ponto P1 e a partir da determinação do ângulo vertical e da distância que une os pontos fizemos o levantamento dos dados sempre respeitando o lance máximo de 300m imposto pela tabela 8 da

NBR 13133. E o mesmo procedimento foi utilizado para o contranivelamento. A estação total, utilizada, é da marca Leica modelo TC-307 e apresenta as seguintes configurações:

- Aumento de 30x (vezes);
- Ângulo de visão de 1”30’ (26m a 1km);
- Precisão de 5mm+2ppm;
- Tempo da medição de 0,3s;
- Campo de compensação +/- 4’;
- Leitura de 1” e precisão angular de 7”;
- Alcance máximo de 3000m com prisma e 250m sem prisma;
- Peso do equipamento de 4,2kg;
- Índice de proteção IP54.

Segundo a NBR 13.133/94 essa estação total tem precisão média de IIIN.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados todos os serviços de campo e executado o pós-processamento. A Fig. 2 mostra os resultados obtidos com o nível ótico e com a estação total para o trecho 1.

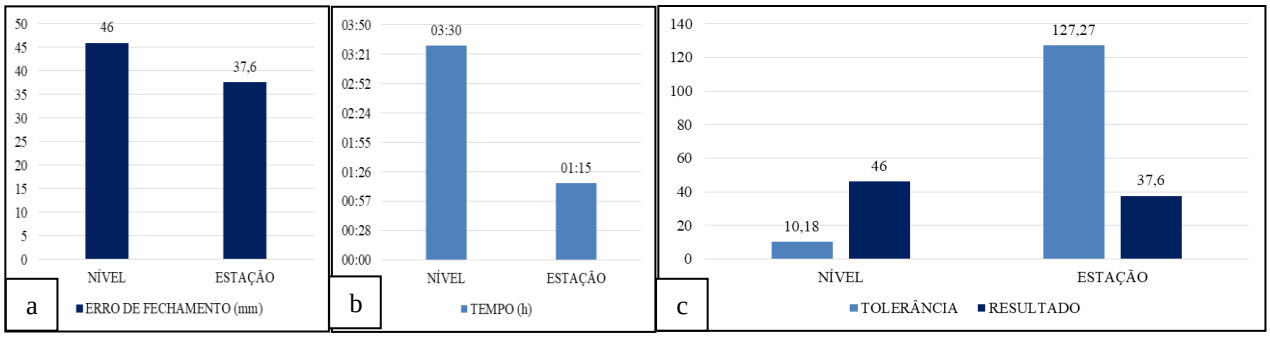


Figura 2. Erro de fechamento (a), tempo (b) e tolerância (c) para o trecho 1

Os dados obtidos após o processamento dos dados do trecho 1 possibilitaram verificar um erro de fechamento de 46 mm (Fig. 2a) em um tempo de 3h30min para o nível óptico (Fig. 2b) enquanto a tolerância para o trecho segundo a NBR 13.133 é de 10,18 mm para o nível ótico e de 37,6 mm para a estacao total (Fig. 2c) em um tempo de 1h15min para a estação total enquanto o erro de fechamento admissível por norma é de 127,27 mm. Segundo a Fig. 2, verificou-se, então, que a estação total se mostrou 18,3% mais precisa que o nível óptico e 64,3% mais rápida.

A Fig. 3 mostra os resultados obtidos com o nível ótico e com a estação total para o trecho 2.

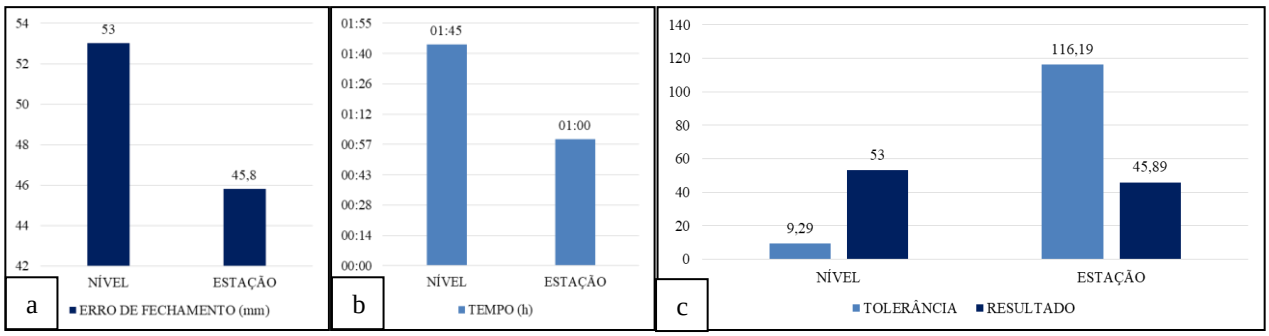


Figura 3. Erro de fechamento (a), tempo (b) e tolerância (c) para o trecho 2

Os dados obtidos no trecho 2 possibilitaram verificar um erro de fechamento de 53 mm (Fig. 3a) em um tempo de 1h45min (Fig. 3b) para o nível óptico, enquanto a tolerância para o trecho, segundo a NBR 13.133, é de 9,29 mm e de 45,89 mm para a estação total (Fig. 3c) em um tempo de 1h para a estação total enquanto o erro de fechamento admissível por norma é de 116,19 mm. Verificou-se, então, que a estação total se mostrou 13,4% mais precisa que o Nível Óptico e 42,9% mais rápida.

Nos dois estudos realizados, os resultados obtidos com a Estação Total foram melhores do que com o Nível Óptico, uma vez que a Estação se mostrou mais precisa e rápida. No trecho 2, apesar de ser mantida a melhor performance da Estação Total, sua precisão e rapidez foram menores, do que o estudo no trecho 1, o que pode ser atribuído às condições

climáticas e ao novo trajeto executado, que apresentou uma variação de nível maior em um percurso menor, gerando maiores angulações.

Essa constatação vai ao encontro do estudo realizado por Dias et al. (2010) que ao realizar nivelamentos trigonométricos usando estação total de média precisão, verificou que o método apresentou bons resultados para pequenas distâncias, concluindo que é possível realizar nivelamentos com níveis de precisão ainda melhores que a tolerância máxima admitida pela NBR 13.133, para nivelamentos compatíveis com a classe IIN, e também em um espaço de tempo menor.

Faggion (2001) acredita que a variação das condições atmosféricas influenciam nos resultados obtidos, uma vez que o aumento ou diminuição da velocidade de propagação da onda eletromagnética provocam erros sistemáticos nas medidas de distâncias.

Maia (2001) corrobora com Faggion (2001) ao dizer que os fatores climáticos devem ser levados em conta nas medições de ângulos e distâncias tanto na determinação da refração e eliminação de seus efeitos na obtenção das alturas, o que pode ratificar os achados no presente estudo, uma vez que durante a utilização da Estação Total, as condições climáticas podem ter influenciado nos resultados obtidos, uma vez que a precisão deste equipamento foi menor do que a utilização realizada em condições climáticas favoráveis, durante o trecho 1.

Assim, os resultados obtidos nos dois trechos, justificam, que o uso de estação total em pequenos trajetos oferecem, além de um tempo menor de trabalho, resultados que mais se aproximam ao que estabelece a norma que rege os trabalhos de levantamento topográficos, a NBR 13.133.

Convém salientar que alguns estudos têm evidenciado que, apesar da qualidade oferecida pela estação total, a literatura tem se apresentado favorável à utilização do nivelamento com nível óptico conforme o que está especificado na NBR 13.133 como IN e IIN, como refere Meneghetti (2013), em seu estudo “Exatidão dos desníveis obtidos com estação total”.

4. CONCLUSÕES

Ao concluir este estudo, pode-se verificar que a utilização da Estação Total demonstrou uma vantagem em comparação ao Nível Óptico nos trechos 1 e 2, uma vez que ela foi 18,3% e 13,4% mais precisa e 64,3% e 42,9%, mais rápida respectivamente do que o segundo equipamento.

O resultado obtido no uso do nível óptico demonstrou-se fora dos padrões habituais de uso do equipamento, visto que para os trechos 1 e 2 o erro foi estimado em 356% e 470% respectivamente fora da tolerância de fechamento admitida para os trechos, de acordo com o que prevê a NBR 13.133.

Pode-se dizer, a este respeito, que apesar do cuidado durante o levantamento topográfico, pode haver erros de medição em decorrência de regulagem do equipamento, influência das condições de ambiente, ou erro de manuseio. De acordo com Meneghetti (2013), a qualidade do trabalho depende da observação detalhada de diferentes fatores que envolvem o trabalho de medição, evitando os fatores que podem dificultar ou prejudicar os trabalhos o quanto for possível. Aconselha a autora que sejam realizadas visadas equidistantes do nível; evitar medições em horário de sol à pino; visadas a menos de 50 cm do solo; realizar boa fixação do tripé e da mira, bem como que o seja realizada a aferição do instrumento e da mira utilizada, o que pode contribuir significativamente para se evitar os erros no nivelamento.

Levando-se em consideração o observado pela autora, cabe destacar, que o horário de nivelamento usando o nível óptico não foi propício, uma vez que que era um horário de sol a pino, em torno de 14h para o trecho 1 e 11h para o trecho 2, o que pode ter contribuído para o respectivo resultado.

Propõe-se, para trabalhos futuros, realizar um estudo com os mesmos equipamentos, mas em um trecho de rodovia com maiores dimensões, para se verificar se o custo benefício da Estação Total tende a ser repetidamente melhor do que o Nível óptico, bem como realizar medições com o nível óptico conforme o que propõe a NBR 13.133.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.133. Execução de levantamento topográfico, maio de 1994.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários -Escopos Básicos/Instruções de Serviço. 6. Ed. Rio de Janeiro, 2006.

DIAS, A.L. et all. Utilização de estação total para a execução de levantamentos altimétricos compatíveis com a classe iin da nbr 13133. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Jul. 2010 Recife – PE.

FAGGION, P. L. Obtenção dos elementos de calibração e certificação de medidores eletrônicos de distância em campo e laboratório. (Tese de Pós-Graduação). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MAIA, Tule César Barcelos. Comparação entre os nivelamentos trigonométrico e GPS com o nivelamento geométrico de acordo com a NBR 13.133. In: Anais… XX Congresso Brasileiro de Cartografia, IX Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura, VIII Conferência Ibero-Americana de SIG, ISPRS Comission VI-WG1 & 3 Seminário

Latino-Americano em Educação e Transferência de Tecnologia em Fotogrametria, SR e SIE, 2001, Porto Alegre - RS.

MENEGHETTI, L. Exatidão dos desníveis obtidos com estação total. Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo, v. BT/35, p. 13-17, 2013.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO USO DE ENDURECEDOR CIMENTÍCIO NA DUREZA SUPERFICIAL DE CONCRETOS PARA PISOS

Francine Padilha
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demolinar, Erechim, 99704-380
francine.padilha1609@gmail.com

Beatriz Schimelfenig
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demolinar, Erechim, 99704-380
beatrizschimelfenig@gmail.com

Cristina Vitorino da Silva
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demolinar, Erechim, 99704-380
cristina@uricer.edu.br

Resumo. *As patologias manifestadas nos pisos de concreto são resultados, muitas vezes, da escassez de conhecimento técnico para a elaboração e execução dos mesmos. Estudos sobre os materiais, os métodos e a dosagem utilizados para a realização dos pisos é de suma importância para obter-se um produto de total desempenho. Em virtude do exposto, nesse estudo será analisada a influência do uso de endurecedor cimentício como tratamento superficial em concretos produzidos com cimento Portland CP II-Z e com três diferentes relações água/cimento (0,40; 0,50; 0,60). Desta forma, tem-se como objetivo encontrar uma relação capaz de minimizar as manifestações patológicas que surgem nesse tipo de estrutura juntamente com o uso do endurecedor cimentício. Para isso, foram realizados ensaios de avaliação de resistência à compressão uniaxial e dureza superficial por esclerometria, onde os resultados indicam que o uso do endurecedor de superfície tende a aumentar a resistência superficial dos compósitos, assim como as menores relações água/cimento. Os concretos com o uso do endurecedor cimentício apresentaram um acréscimo significativo de aproximadamente 5,5% na dureza superficial em comparação com os concretos sem nenhum tipo de tratamento superficial. Fato este que pode minimizar o aparecimento de manifestações patológicas nessas estruturas.*

Palavras-chave: *pisos de concreto, endurecedor cimentício, tratamento superficial, manifestações patológicas, dureza superficial.*

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais de construção mais utilizados em todo o mundo, o que salienta a elevada importância de novas pesquisas tecnológicas nessa área. Devido a essa elevada empregabilidade, o concreto está sujeito a situações que podem gerar manifestações patológicas, capazes de prejudicar fatores muito importantes, como durabilidade e resistência, o que contribui para a redução da vida útil das estruturas (Senisse, 2010).

Pisos de concreto são elementos de grande importância em obras de engenharia, o que ressalta a importância de algumas propriedades, como dureza superficial e resistência mecânica. No entanto, tais propriedades acabam muitas vezes comprometidas, principalmente em função de problemas vinculados ao projeto, à execução e à dosagem do concreto dessas estruturas (Silva, 2011).

No ano de 2008, dos 35 milhões de m² de pisos e pavimentos de concreto produzidos no Brasil, em torno de 22,5 milhões de m² apresentaram alguma manifestação patológica vinculada a falhas, tanto no projeto de pisos como na execução destes. Portanto, aproximadamente 65% dos pisos e pavimentos de concreto produzidos em 2008 apresentaram algum tipo de manifestação patológica (Senisse, 2010).

Uma grande parcela dos pisos de concreto, ao serem executados, não recebe nenhum tipo de revestimento como forma de acabamento, sendo então, a resistência à abrasão do concreto um dos parâmetros mais importantes para garantir uma adequada vida útil e uma baixa manutenção a essas estruturas (Chodounsky e Viecili, 2007). Para os mesmos autores, o desgaste acentuado da superfície do piso pode trazer inúmeros problemas aos usuários, desde um simples desconforto estético até grandes transtornos com relação à redução da funcionalidade da estrutura.

Assim, quando estes fenômenos ocorrem, agregados especiais ou tratamentos de superfície são necessários, como por exemplo, endurecedores líquidos ou endurecedores cimentícios à base de agregados minerais ou metálicos, os quais podem ser adicionados à superfície (Rodrigues e Montardo, 2002; Chodounsky e Viecili, 2007; García, Fresno e

Polanco, 2008). A utilização destes materiais produz uma camada superficial eficiente, altamente resistente ao desgaste e ao impacto (García, Fresno e Polanco, 2008).

Diante do exposto, esse estudo tem como objetivo principal buscar uma melhoria na qualidade dos compósitos e na dureza superficial, a fim de minimizar a tendência do aparecimento de manifestações patológicas, como o desgaste por abrasão. Para isto será avaliada a influência do uso de tratamentos superficiais com o endurecedor cimentício e a influência de três diferentes relações água/cimento (0,40; 0,50; 0,60), frente aos ensaios mecânicos e de dureza superficial em compósitos com cimento Portland CP II-Z.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Visando verificar a influência da relação a/c e o uso do endurecedor de superfície, este estudo foi realizado sempre com a pretensão de reproduzir as condições usuais adotadas na produção de pisos de concreto. A escolha da relação água/cimento (a/c) se deu devido à relação 0,5 ser comumente utilizada em projetos de pisos de concreto. Portanto, optou-se por avaliar características dos concretos com relação inferior (0,4) e superior (0,6).

Para o tratamento superficial do concreto, foi avaliado o uso do endurecedor cimentício a base de agregados minerais. A aplicação do endurecedor foi feita por aspersão manual, e a taxa de aplicação recomendada pelo fabricante varia de 4 a 9 kg/m².

O ensaio que embasou a análise da dureza superficial foram o ensaio de esclerometria. Para a análise da resistência e o controle tecnológico dos concretos foi realizado o ensaio de resistência à compressão uniaxial.

2.1 Materiais utilizados

A caracterização dos materiais utilizados na produção dos concretos, foi obtida segundo as suas respectivas normas, sendo a seguinte:

- Cimento: Portland CP II-Z, com massa específica igual a 2,81 g/cm³;
- Agregado miúdo: areia natural, dimensão máxima característica (DMC) igual a 1,18 mm, com módulo de finura (MF) igual a 1,47 e massa específica igual a 2,62g/cm³;
- Agregados graúdos: brita de origem basáltica, denominada comercialmente como brita 1, com as seguintes características: MF (6,91) e DMC (19 mm) e massa específica igual a 2,57 g/cm³;
- Aditivo: superplastificantes baseado em uma cadeia de éter policarboxílico;
- A água utilizada para a produção dos concretos foi proveniente da rede de abastecimento pública de Erechim (RS).

2.2 Dosagem experimental

O método de dosagem utilizado para este estudo foi o IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992), cujo parâmetros utilizados foram a obtenção de um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm, definido com base em especificações de projeto para pisos de concreto. Através deste método, determinou-se experimentalmente um teor de argamassa de 54% como sendo o ideal. A tabela 1 especifica os valores da dosagem experimental realizada para o cimento composto com pozolana.

Tabela 1. Resultados da dosagem experimental para o CP II-Z.

Traço unitário (1:m)	Relação água/cimento (a/c)	Resistência potencial - 28 dias (Mpa)	Consumo de cimento (kg/m³)	Relação água/materiais secos - H (%)	Abatimento (mm)
1:3,5	0,44	33,35	464,915	9,86%	80
1:5	0,64	28,19	341,871	10,67%	120
1:6,5	0,76	20,43	276,031	10,14%	100

2.3 Métodos de ensaio

O método de ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto seguiu as determinações da norma brasileira NBR 5739 (ABNT, 2007). Após a moldagem, os CP's foram cobertos por um plástico, não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar a perda de água do concreto para o ambiente externo. Estes foram armazenados em superfície horizontal rígida e em ambiente livre da ação de intempéries, durante as primeiras 24 horas. Após esta etapa, os CP's foram desmoldados e mantidos a cura úmida (UR > 95 % e temperatura de 23 ± 2ºC) até a idade de 28 dias para a realização do ensaio.

O método de avaliação da dureza superficial por esclerometria fornece elementos para avaliação da qualidade do concreto endurecido através do índice esclerométrico. Este tem como princípio de funcionamento a ação de uma massa

ou martelo, que impulsionada por uma mola se choca com o concreto, o esclerômetro então registra a energia remanescente do impacto (Silva, 2011).

Para o ensaio de dureza foram produzidas placas de concreto de 250 mm x 250 mm x 100 mm de espessura, sendo utilizado formas de compensado plastificado para a moldagem das placas. Foram moldadas duas placas para o concreto referência sem o uso de tratamento superficial e mais duas placas para os concretos com o uso do endurecedor cimentício, sendo que em cada uma das placas foram realizados 16 impactos, sendo estes, distribuídos de forma homogênea na superfície conforme NBR 7584 (ABNT, 1995).

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão uniaxial e no ensaio de dureza superficial por esclerometria foram submetidos à análise estatística através da análise de variância (ANOVA) do programa *Statistica 7.0*.

3.1 Resistência à compressão uniaxial

A tabela 2 apresenta os resultados médios obtidos nos ensaios de resistência à compressão uniaxial.

Tabela 2. Resultados médios obtidos no ensaio de compressão uniaxial.

Traço	Tipo de cimento	Relação a/c	Médias (MPa)	Desvio Padrão	Coeficiente de variância (%)
1A	CP II - Z	0,4	43,09	2,39	5,54
2A		0,5	33,73	1,53	4,53
3A		0,6	21,54	1,12	5,18

Os resultados foram analisados estatisticamente através do método de análise de variância (ANOVA). Tal análise buscou avaliar se a relação a/c causa efeito significativo na resistência à compressão uniaxial. Esta análise dos dados experimentais obtidos para a resistência à compressão uniaxial dos concretos estudados encontram-se na tabela 3.

Tabela 3. Análise de variância (ANOVA) - resistência à compressão uniaxial.

Efeito	SS	GDL	MS	F (calc)	P	Significância
Relação a/c	934,16	2	467,08	113,328	0,000000	S
Erro	37,09	9	4,12			

GDL: graus de liberdade (n-1); MS: média simples; F(calc): valor calculado de F; P: nível de significância; S: valor significativo; NS: valor não significativo; Se P<5% valor significativo.

A análise estatística dos dados de resistência à compressão uniaxial indicou que a relação a/c gerou influência significativa nessa propriedade. A figura 1 mostra a influência da relação a/c sobre a resistência à compressão uniaxial dos concretos ensaiados.

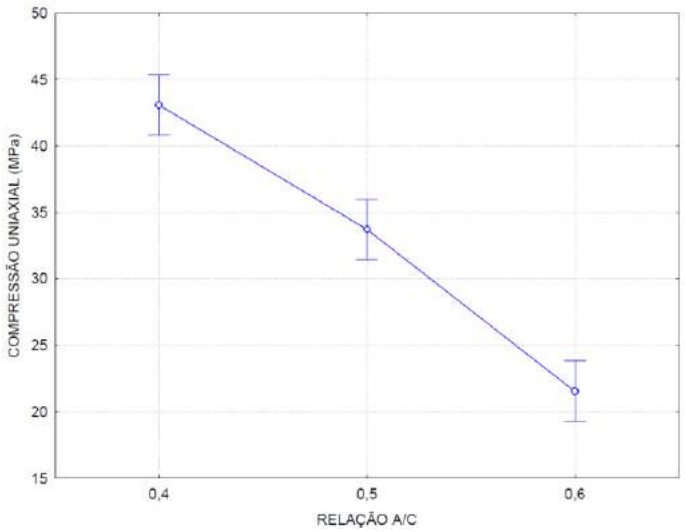


Figura 1. Efeito da relação a/c na resistência à compressão uniaxial

Através da análise do gráfico verifica-se, conforme esperado, uma redução significativa na resistência à compressão dos concretos produzidos com maior relação a/c em comparação aos compósitos com menor relação a/c. Este comportamento ocorre em função do acréscimo da porosidade na pasta e na zona de transição pasta-agregado, e pela presença de cristais de $Ca(OH)_2$ orientados e mais desenvolvidos com o aumento da relação a/agl (Neville, 1997; Mehta e Monteiro, 2014).

3.2 Dureza superficial por esclerometria

Os resultados médios da dureza superficial para os concretos estudados encontram-se na tabela 4.

Tabela 4. Resultados médios obtidos no ensaio de dureza superficial por esclerometria.

Traço	Tipo de cimento	Relação a/c	Tipo de tratamento superficial	Médias (MPa)	Desvio Padrão	Coeficiente de variância (%)
1A	CP II - Z	0,4	Sem endurecedor	42,04	0,07	0,17
			Endurecedor cimentício	44,16	0,08	0,18
2A		0,5	Sem endurecedor	36,70	0,02	0,04
			Endurecedor cimentício	38,12	0,21	0,54
3A		0,6	Sem endurecedor	33,04	0,94	2,86
			Endurecedor cimentício	35,66	0,15	0,41

Os resultados foram analisados estatisticamente através do método de análise de variância (ANOVA). Tal análise buscou avaliar se a relação a/c e o tipo de tratamento superficial, e as suas interações causaram efeito significativo na dureza superficial medida. A análise de variância feita através da ANOVA dos dados experimentais obtidos para a dureza superficial dos concretos estudados encontra-se na tabela 5.

Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) – dureza superficial por esclerometria.

Efeito	SS	GDL	MS	F (calc)	P	Significância
Tipo de tratamento (1)	12,65	1	12,65	39,22	0,000770	S
Relação a/c (2)	157,93	2	78,96	244,83	0,000002	S
(1) * (2)	0,73	2	0,36	1,13	0,384254	NS
Erro	1,94	6	0,32			

GDL: graus de liberdade (n-1); MS: média simples; F(calc): valor calculado de F; P: nível de significância; S: valor significativo; NS: valor não significativo; Se P<5% valor significativo.

De acordo com a tabela 5, observa-se que todos os efeitos isolados foram significativos na variável de resposta (dureza superficial). Com relação ao efeito de 2ª ordem, a interação entre a relação a/c e o tipo de tratamento não apresentou influência significativa.

Os itens que seguem analisam os efeitos isolados verificados através da análise de variância (ANOVA), os quais tiveram uma influência expressiva nos resultados obtidos.

3.2.1 Efeito da relação água/cimento

A figura 2 mostra a influência isolada da relação a/c sobre a dureza superficial dos concretos. Tal figura foi obtida através dos resultados da dureza superficial dos traços estudados, na análise de variância (ANOVA).

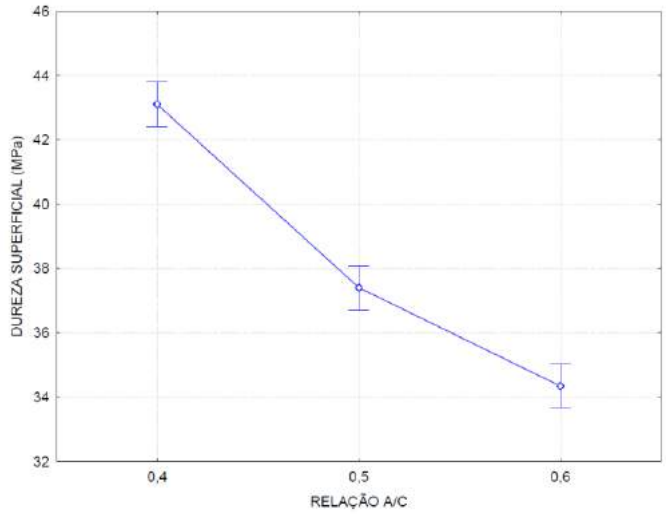


Figure 2. Efeito isolado da relação a/c na dureza superficial

É possível observar um decréscimo significativo da dureza superficial para relações água/cimento mais altas (0,5 e 0,6), como esperado. Tal resultado está correlacionado com a resistência à compressão uniaxial, na qual uma redução dos valores obtidos consequentemente diminui os valores de dureza superficial. Essa redução se deve a um concreto mais poroso e menos coeso produzido pelos traços com maior relação a/c.

3.2.2 Efeito do tipo de tratamento supertifical

A figura 3 mostra a influência isolada do tipo de tratamento sobre a dureza superficial dos concretos. Tal figura foi obtida através dos resultados da dureza superficial dos traços estudados, na análise de variância (ANOVA).

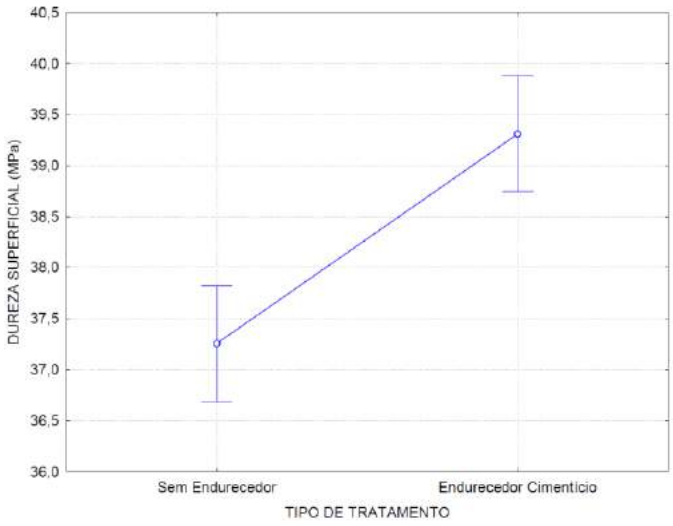


Figura 3. Efeito isolado do tipo de tratamento na dureza superficial

A figura 3 apresenta o comportamento da dureza superficial com aplicação do endurecedor superficial, percebe-se que há uma tendência no aumento da dureza superficial com a utilização deste produto. O endurecedor cimentício é rico em sílica ativa, logo esse aglomerante possivelmente promoveu a melhora na porosidade da camada exposta, assim apresentando um aumento na resistência superficial. Segundo Viecili (2004), a utilização dos endurecedores cimentícios reduz a relação a/agl superficial, pela incorporação no concreto dos aglomerantes presentes, melhorando a matriz superficial deste concreto e principalmente a zona de transição, tornando a superfície dos pisos mais resistente à abrasão.

4. CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo avaliar tanto a influência da relação água/cimento dos compósitos cimentícios, quanto do uso de endurecedor superficial, frente a dureza superficial. Dentro desse contexto, foram analisadas diferentes relações a/c (0,4; 0,5; 0,6) e diferentes tipos de tratamentos superficiais (sem endurecedor; endurecedor cimentício). Para tal avaliação realizaram-se alguns ensaios relacionados às propriedades de superfície (dureza superficial por esclerometria) e às propriedades da qualidade do concreto (resistência à compressão uniaxial). Para avaliar a influência de cada fator nas propriedades estudadas foram efetuadas análises estatísticas.

A relação água/cimento influencia significativamente em todos os ensaios realizados. Na resistência a compressão e na dureza superficial, verificou-se uma redução das resistências em todos os casos ensaiados para as maiores relações a/c. Ou seja, quanto menor a proporção de água na mistura do concreto, melhor será o desempenho dos compósitos.

Quanto à dureza superficial, a relação a/c manteve o mesmo comportamento mencionado anteriormente, as maiores relações a/c apresentaram os menores valores para a dureza superficial. Quanto ao tratamento superficial, o uso do endurecedor cimentício apresentou uma melhora na dureza superficial, comparando com concreto sem tratamento superficial.

Com esta pesquisa concluiu-se, então, que menores relações a/c tendem a proporcionar um concreto com maiores resistências mecânicas e dureza superficial. O endurecedor superficial analisado proporcionou um aumento no índice esclerométrico, desempenhando seu papel, porém deve ser levado em conta todos os fatores que poderiam interferir nesse desempenho para poder afirmar que sua eficiência é realmente significativa. Para tal afirmação há a necessidade de mais estudos nesta área, uma vez que tais resultados estão relacionados a compósitos que apresentam características específicas, com materiais, proporcionamentos, parâmetros de dosagem e tamanho reduzido das amostras.

5. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR 5739*. Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR-7584*. Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

Chodounsky, M. A. e Viecili, F. A. *Pisos Industriais de Concreto - Aspectos Teóricos e Executivos*. São Paulo: Reggenza, 2007.

García, A., Fresno, D. C. e Polanco, J. A. *Effect of dry-shaking treatment on concrete pavement properties*. Construction and Building Materials. v. 22, n. 11, p. 2202-2211, nov. 2008.

Helene, P. e Terzian, P. *Manual de dosagem e controle do concreto*. São Paulo: PINI, 1992. 349p.

Mehta, P. K. e Monteiro, P. J. M. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. 2 ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

Neville, A. M. *Propriedades do Concreto*. Tradução de Salvador E. Giamusso. 2 ed. São Paulo: PINI, 1997.

Rodrigues, P. P. F. e Montardo, J. P. *A Influência da Adição de Fibras de Polipropileno dos Concretos para Pisos e Pavimentos*. 2002. Instituto Brasileiro de Concreto – 44° Congresso Brasileiro, São Paulo.

Senisse, J. A. L. *Influência do consumo de água, da adição de microfibras de polipropileno e do tipo de cimento nas variações dimensionais de concretos empregados em pisos*. 2010. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Silva, C. V. C*ontribuição ao estudo do desgaste superficial por abrasão em concretos empregados em pisos*. 2011. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Viecili, F. A. *Influência da utilização dos endurecedores superficiais cimentícios na resistência à abrasão de pisos industriais de concreto*. 2004. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Mestrado Profissionalizante, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

6. AGRADECIMENTO

Agradecemos a Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DE CUSTOS DO SISTEMA DE CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE ARMADURA NO CANTEIRO DE OBRA COMPARADO COM O PROCESSO INDUSTRIAL

Gian Carlos Cardozo[1]
Marcos Paulo Cielo[2]
[1]giancarllos-x@hotmail.com
[2]mapcielo@uricer.edu.br
URI – Universidade Regional Integrada – Campus II – RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 – Erechim,RS

Resumo. *Com o aumento do custo da mão de obra e a alta competitividade no setor da construção civil, novos elementos e métodos construtivos estão sendo aplicados no canteiro de obras a fim de aperfeiçoar a construção, dentre eles, o uso de armaduras de aço industrializadas. Diante desse cenário, o presente trabalho objetivou realizar uma análise comparativa de custos entre o sistema de beneficiamento de armadura de aço no canteiro de obras de um edifício e o processo desenvolvido na indústria, além de identificar vantagens e desvantagens de ambos os métodos e diagnosticar o destino das sobras de aço. Através da obtenção da documentação técnica da obra e do acompanhamento das atividades, com registros fotográficos, na obra e na indústria, coletou-se os dados de: quantidade total de aço da estrutura; consumo de mão de obra, material e equipamentos; encargos sociais e características dos dois métodos. Em relação ao beneficiamento de armadura pelo sistema tradicional, o processo industrial: reduz o consumo de mão de obra em 70,44% para o armador e 64,70% para o ajudante de armador; necessita de menor espaço físico no canteiro de obras para realização das atividades e para a área de armazenamento de material, além de proporcionar mais segurança e qualidade à obra. Referente aos resíduos do aço cortado e dobrado em obra, parte deles é reaproveitada na obra, em pequenos elementos estruturais, e as sobras menores são descartadas. Constatou-se que, pelo método tradicional, o custo para produção de 1 kg de armadura de aço é de R$ 7,19, enquanto que pelo método industrializado, o custo do beneficiamento até a etapa de montagem é de R$ 6,96 e, considerando apenas o processo de corte e dobra da armadura na indústria e montagem no canteiro de obras o custo é de R$ 6,46.*

Palavras-chave: *beneficiamento de armadura de aço; método tradicional; método industrializado; análise de custos; corte e dobra.*

1. INTRODUÇÃO

A construção civil foi um dos setores que mais teve crescimento no Brasil, cerca de 74% nos últimos 20 anos, com média anual de 2,82% e pico no ano de 2010 de 11,6% (AMORIM, 2015). Segundo pesquisa realizada pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2016), esse aumento na demanda fez com que o custo da mão de obra na construção civil tivesse um aumento de 1,02% em junho de 2016.

Além da elevação do custo da mão de obra, a alta competitividade associada a qualidade, limitam o crescimento do setor e causam redução de lucros para as empresas, dessa forma, induzindo-as a buscar técnicas que aumentem a produtividade e qualidade das obras. Com isso diversos processos estão sendo adaptados e aperfeiçoados, visando menor tempo de execução e custos, sem desconsiderar a segurança e a durabilidade da construção.

Nesse contexto, empresas de diferentes setores no ramo da construção civil identificaram uma grande oportunidade de negócio industrializando o corte, dobra e montagem da armadura fora do canteiro de obras. De acordo com Carlott (2012), esse tipo de beneficiamento apresenta as seguintes vantagens: eliminação das bancadas; dos equipamentos e mão de obra especializada para execução do serviço; maior qualidade da dobra; redução nas perdas e no capital de giro; possível redução no cronograma da execução; administração da quantidade de aço; diminuição dos custos administrativos e menor riscos de acidentes devido a manuseio dos equipamentos.

Sendo assim, diante do aumento dos custos na construção civil, observa-se a necessidade de aperfeiçoar produtividade e uso de materiais. Considerando esses fatores, surge a seguinte questão: processo de corte, dobra e montagem de armadura em indústria é o sistema mais econômico comparado ao realizado no canteiro de obras?

2. METODOLOGIA

2.1 Coleta de dados

Os dados foram obtidos através de documentação técnica, fornecida pela empresa construtora da obra: projeto estrutural e seus devidos relatórios de consumo de aço, para o edifício em estudo, e porcentagem de encargos sociais pagos aos funcionários. Realizaram-se também, visitas ao canteiro de obras e à indústria com o acompanhamento das atividades e registros fotográficos das características dos métodos de produção de armadura. Na Fig. 1 constam as atividades inerentes ao desenvolvimento deste estudo, e suas descrições estão apresentadas na sequência.

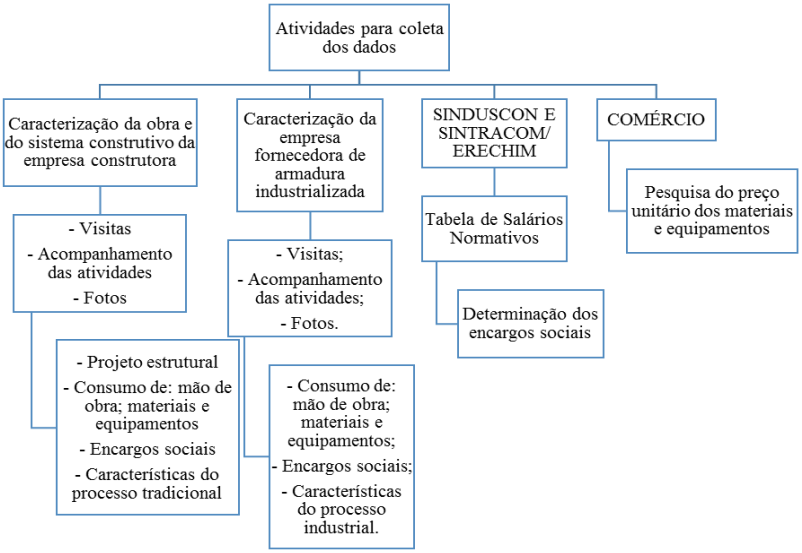


Figura 1. Fluxograma de atividades

2.2 Caracterização da obra e do sistema construtivo

A obra escolhida para estudo é o Edifício Residencial Ida Maria, em construção, localizada na Rua Castro Alves, nº 200, no Bairro Centro em Erechim-RS. É composto por 5 pavimentos, com um total de 24 apartamentos, abrangendo uma área total de 4522,95 m², sendo 543,91 m² por pavimento. Na Fig. 2 consta a imagem do edifício.

Figura 2. Edifício Residencial Ida Maria (CAPIENZA, 2016)

O processo de fabricação da armadura no canteiro de obras, realizado pela empresa, consiste no corte, dobra e montagem da armadura de forma manual. As etapas deste processo podem ser observadas na Fig. 3.

Figura 3. Fluxograma do processo de execução de armaduras no sistema tradicional realizado pela empresa

2.3 Caracterização da empresa fornecedora de armadura industrializada

A empresa fornecedora de armadura industrializa está instalada no Distrito Industrial da cidade de Erechim-RS e trabalha, principalmente, na fabricação de estruturas metálicas, dispondo de 2 funcionários responsáveis pelas máquinas de corte e dobra de vergalhão. As etapas do processo utilizado na indústria podem ser observadas na Fig. 4.

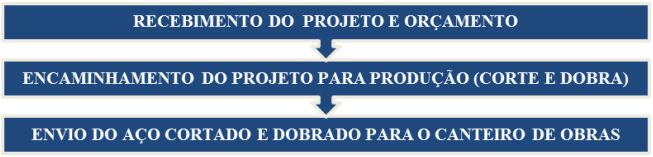


Figura 4. Fluxograma do sistema industrializado de fornecimento de armaduras moldadas

2.4 Fluxograma do método tradicional comparado com o industrial

O fluxograma apresentado na Fig. 5 mostra as atividades do beneficiamento da armadura caso a empresa opte pelo método tradicional. As barras em azul claro correspondem as atividades que são supridas pela obtenção da armadura cortada e dobrada pela indústria.

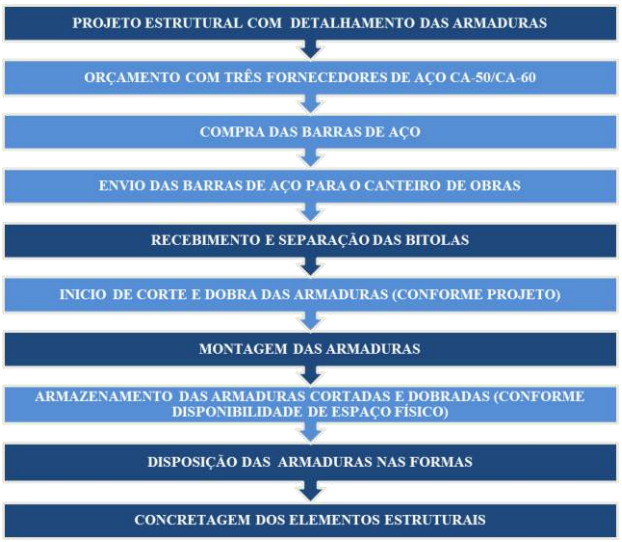


Figura 5. Fluxograma de atividades supridas pelo beneficiamento da armadura na indústria

2.5 Verificações dos itens necessários para o beneficiamento de armadura no canteiro de obras e na indústria

Nas visitas ao canteiro de obras e na indústria, realizou-se o levantamento das seguintes informações: área de estocagem, máquinas utilizadas para corte e dobra e números de funcionários responsáveis pela montagem.

2.5.1 Consumo de mão de obra, materiais e equipamentos

O consumo em horas trabalhadas, para ambos os métodos, foi determinado com a cronometragem do tempo de corte, dobra e montagem de 1 kg de armadura montada. Para o método tradicional, este tempo foi considerado desde que o funcionário se deslocou para pegar a barra de aço do local de armazenamento até a bancada, e fez o corte, dobra e a montagem da armadura. No industrializado, para obter-se o consumo da mão de obra, considerou-se apenas o tempo para o funcionário configurar as medidas na máquina e fazer a montagem da peça.

Para maior coerência na determinação dos coeficientes utilizados para análise de ambos os métodos, considerou-se a modelagem de um elemento estrutural, com as dimensões caracterizadas no projeto.

As barras utilizadas na confecção deste elemento foram de 12,5 mm para armadura longitudinal e 5 mm para armadura transversal, com massa de 0,963 kg/m e 0,154 kg/m, respectivamente. Verificou-se que para obter 1 kg de aço com a barra 12,5 mm, seria necessário 25,6 cm do comprimento total da barra. Portanto, adotou-se o comprimento de 25 cm para fins de cálculo. Neste comprimento de 25 cm, existem 2 peças que constituem a armadura transversal, com comprimento de 104 cm cada, totalizando 208 cm.

A empresa fornecedora da armadura beneficiada utiliza o valor de R$ 4,10/kg, para o aço de 5 a 6,3 mm e R$ 3,70/kg para o aço de 8 a 20 mm. Sabe-se que 1 kg de aço de vergalhão de 8 a 20 mm não equivale a mesma quantidade em aço 5 a 6,3 mm. Então, calculou-se a massa de armadura transversal necessária para 1 kg de armadura longitudinal. Para obter-se o valor equivalente, somou-se as massas das barras de aço 5 (0,154 kg/m) e 6,3 mm (0,245 kg/m) dividindo-o por 2, e multiplicou-se pelo comprimento de 208 cm das duas peças de armadura transversal, resultando no coeficiente de 0,41.

Para o método tradicional também é considerado equipamentos de cortar, desentortar e dobrar ferro, ambos até 1", e sua unidade é em horas de produção (h prod).

2.5.2 Encargos sociais

Os encargos trabalhistas para cálculo de custos da mão de obra, pagos pela empresa de acordo com o seu escritório contábil, e são de 140% que consideram: INSS, PIS, FGTS, total previdenciário, entre outros encargos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Características dos sistemas de beneficiamento de armadura

Para a execução do processo produtivo da armadura de aço, na obra em estudo, pelo método tradicional, haviam 2 armadores e 1 ajudante de armador. Já na empresa fornecedora de armadura industrializada, o trabalho foi realizado por 2 funcionários que, no momento, estavam atendendo à 7 obras.

Também, observou-se que a produção da armadura pela indústria em relação à beneficiada no canteiro de obra, não gera perdas de aço, ocupa menores áreas de armazenamento e produz peças com melhor acabamento, fornecendo mais qualidade e segurança à obra.

3.2 Destino das sobras de aço

Os resíduos de aço provenientes da sobra da montagem das armaduras são utilizados para reforço de vigas ou execução de elementos estruturais menores, bem como para armaduras de canto em lajes. Entretanto, quando a sobra possui um comprimento muito pequeno, estas são acondicionadas em uma caixa de madeira, para posterior encaminhamento à empresa coletora de resíduos da construção civil.

3.3 Análise de custo do beneficiamento de armadura

A partir dos resultados expressos nas Tabelas 1, 2 e 3, verifica-se que há uma diferença significativa de custos entre os métodos de beneficiamento de armadura de aço, visto que, pelo sistema tradicional a produção de 1 kg de armadura gera um custo de R$ 7,19. Enquanto que, no sistema industrializado, o beneficiamento da armadura até a etapa de montagem, gera um custo de R$ 6,96 e, considerando apenas o processo de corte e dobra na indústria e montagem no canteiro de obras, o custo corresponde a R$ 6,46.

Tabela 1. Sistema tradicional: armadura de aço para estruturas de concreto armado (corte, dobra e montagem no canteiro de obras).

Recurso	Unidade	Consumo	Preço Unitário (R$)	Preço Total (R$)/kg
Mão de Obra				
Ajudante de armador	h	0,15	5,18	0,77
Armador	h	0,23	6,68	1,54
Material				
Arame recozido 18 BWG Ø 1,25 mm	kg	0,03375	9,00	0,30
Aço (8 a 20 mm) em vergalhões	kg	1,1	2,78	3,05
Aço (5 ou 6,3 mm) em vergalhões	kg	0,45	2,98	1,34
Equipamentos				
Máquina de cortar a ferro até 1"	h prod	0,052	0,089	0,046
Máquina de desentortar ferro até 1"	h prod	0,053	0,11	0,0058
Dobradeira de ferro até 1"	h prod	0,13	0,085	0,011
Encargos de Mão de Obra	%	140	0,095	0,13
Total				**7,19**

Tabela 2. Sistema Industrializado: armadura de aço para estruturas de concreto armado (corte, dobra e montagem na indústria).

Recurso	Unidade	Consumo	Preço Unitário (R$)	Preço Total (R$)/kg
Mão de Obra				
Ajudante de armador	h	0,053	9,66	0,51
Armador	h	0,068	11,36	0,77
Material				
Arame recozido 18 BWG Ø 1,25 mm	kg	0,03375	9,00	0,30
Aço (8 a 20 mm) em bobinas	kg	1,0	3,70	3,70
Aço (5 ou 6,3 mm) em bobinas	kg	0,41	4,10	1,68
Equipamentos				
Máquina de cortar a ferro até 1"	Hh prod	-0		
Máquina de desentortar ferro até 1"	h prod	0		
Dobradeira de ferro até 1"	h prod	0		
Encargos de Mão de Obra	%			
Total				**6,96**

Tabela 3. Armadura de aço para estruturas de concreto armado (corte e dobra na indústria e montagem no canteiro de obras).

Recurso	Unidade	Consumo	Preço Unitário (R$)	Preço Total (R$)/kg
Mão de Obra				
Ajudante de armador	h	0,016	9,66	0,15
Armador	h	0,021	11,36	0,24
Material				
Aço (8 a 20 mm) em bobinas	kg	1,0	3,70	3,70
Aço (5 ou 6,3 mm) em bobinas	kg	0,41	4,10	1,68
Mão de Obra Para Montagem da Estrutura no Canteiro de Obras				
Ajudante de armador	h	0,0405	5,18	0,21
Armador	h	0,053	6,68	0,35
Encargos de Mão de Obra	%	140	0,095	0,13
Total				**6,46**

Além disso, obteve-se uma estimava do custo total do edifício analisado, por meio da multiplicação do valor do Custo Unitário Básico (CUB) pela área do empreendimento, resultando no valor total aproximado da obra. O valor varia dependendo da finalidade da obra. De acordo com o SINDUSCON-RS, o valor do CUB para classificação R8-N no mês

de Maio é de R$ 1.390,34. Dessa forma, sendo a área total do edifício de 4522,95 m² o seu valor total será de aproximadamente R$ 6.288.438,30.

Considerando a obra do estudo, Edifício Residencial Ida Maria, que utilizará 59.522 Kg de aço (pilares e vigas), verifica-se que se a empresa analisada optar pelo sistema industrializado de corte, dobra e montagem de armadura de aço, obteria uma redução de R$ 0,23 por kg de aço se comparado com o sistema tradicional, gerando uma economia de R$ 13.690,06 que corresponde a 0,22% do custo total do empreendimento. Por outro lado, se a empresa optar apenas pelo corte e dobra na indústria e a montagem da armadura no canteiro de obras, o custo seria reduzido em R$ 0,73 por kg de aço, ou seja, uma economia de R$ 43.451,06, correspondendo a 0,69% do custo total.

4. CONCLUSÕES

O estudo comparativo de custos do beneficiamento de armadura de aço pelo método tradicional e industrializado mostrou, primeiramente que o segundo método em relação ao primeiro, possibilita a redução de número de atividades, o que reflete na redução do consumo de mão de obra em 70,44% e 64,70%, respectivamente para armador e ajudante de armador.

Também, observou-se que a produção da armadura pela indústria em relação à beneficiada no canteiro de obra, não gera perdas de aço, ocupa menores áreas de armazenamento e produz peças com melhor acabamento, fornecendo mais qualidade e segurança à obra.

Na análise, verificou-se que a produção de 1 kg de armadura de aço pelo método tradicional gera um custo de R$ 7,19, enquanto que o método industrializado o custo unitário é de R$ 6,96 e, considerando o corte e dobra na indústria e a montagem no canteiro de obras, o custo é de R$ 6,46. Além disso, a compra de armadura beneficiada na indústria (corte, dobra e montagem) ou parcialmente beneficiada (somente com corte e dobra), demonstram ser opções vantajosas para a empresa construtora, possibilitando significativas economias, que correspondem, respectivamente a 0,22% e 0,69% do custo total do empreendimento.

Cabe ressaltar que, essa economia estimada provém apenas da mudança da opção de beneficiamento, que poderia ser facilmente implementado na obra e que não necessitaria a execução de treinamentos e de investimentos tecnológicos, contribuindo para justificar a sua aplicação.

5. REFERÊNCIAS

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Índice Nacional da Construção Civil varia 1,02% em junho. **IBGE**, 2016.

AMORIM, K. Construção civil cresceu 74,25% nos últimos 20 anos, revela estudo do SINDUSCON-MG. **PINI**. São Paulo, 2014.

CAPIENZA. **Edifício Ida Maria**. 2016. Disponível em: <www.capienza.com.br> Acesso em: 7 nov. 2016.

CARLOTT, M. **Comparativo entre o método de corte e dobra de aço industrializado e em obra de um edifício**. 2012. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó. 2012.

6. DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE COMPARATIVA DA INFLUÊNCIA DO TRAÇO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PRISMAS DE BLOCOS ESTRUTURAIS CERÂMICOS E DE CONCRETO

Gian Marcelo Gaio
Alan Junior Silvestro
URI – Universidade Regional Integrada – Campus II – RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 – Erechim,RS
giangaio@hotmail.com, silvestroalan@gmail.com

Gilson Francisco Paz Soares
URI – Universidade Regional Integrada – Campus II – RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 – Erechim,RS
gilsonfps@uricer.edu.br

Daiane De Sena Brisotto
URI – Universidade Regional Integrada – Campus II – RS-331, nº 345, Bairro Demoliner, CEP 99700-000 – Erechim,RS
daiabrisotto@uricer.edu.br

Resumo. *A alvenaria estrutural, por ser um método construtivo racional que proporciona economia e rapidez às construções, vem sendo largamente utilizada no Brasil. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar como a resistência da argamassa de assentamento industrializada influencia na resistência mecânica de prismas de dois blocos estruturais cerâmicos e de concreto utilizados na região de Erechim – RS. Foram realizados ensaios experimentais de compressão uniaxial em prismas assentados com argamassa de resistência inferior e superior ao recomendado por norma, em relação à resistência dos blocos, bem como com resistência na faixa de limites indicada pela norma. Os resultados apontam para as seguintes conclusões: Os valores das resistências características dos prismas (fpk) foram menores que os dos blocos (fbk) tanto para os de concreto quanto para os cerâmicos, revelando o comportamento esperado, conforme a teoria; Verificou-se que, naqueles prismas de concreto e cerâmicos com resistência de argamassa de acordo com a norma, as resistências à compressão foram maiores do que as obtidas nos modelos em desacordo com a norma; As menores resistências, para os prismas de ambos os materiais, foram obtidas com o uso da argamassa de assentamento com resistências inferiores à indicada por norma; Os prismas cerâmicos mostraram-se mais sensíveis às alterações de resistência da argamassa de assentamento, em relação aos de concreto, uma vez que sofreram as maiores quedas de resistência mecânica em relação ao bloco, em todos os modelos estudados.*

Palavras-chave: *Alvenaria estrutural; resistência da argamassa de assentamento; resistência mecânica de prismas; blocos estruturais cerâmicos e de concreto.*

1. INTRODUÇÃO

A utilização das paredes como estrutura é a técnica construtiva mais antiga utilizada pelo homem (GOMES, 1983). As primeiras construções em alvenaria são datadas de 9000-8000 a.C., em Israel, onde foram encontradas cabanas de pedra com formato circular e semi-subterrâneos com diâmetros entre três e nove metros (MUSGROVE; FLETCHER apud GOMES, 2001).

Inicialmente o sistema construtivo em alvenaria estrutural era limitado aos conhecimentos técnicos da época, com procedimentos de cálculos empíricos. Como não se tinha conhecimento sobre as ações que atuavam nas edificações e não se conhecia a respeito das potencialidades dos materiais que a constituíam, acabava-se por superdimensionar a estrutura para aumentar sua resistência, tornando, assim, esse método construtivo caro e pouco competitivo. Com o advento da era industrial e com a mudança nos padrões das construções começou-se a se exigir obras rápidas e de menor custo. Neste período, a construção civil passa a ter um novo rumo, em direção ao melhor entendimento das propriedades físicas dos materiais utilizados em obra (MOTA, 2001).

O desempenho da alvenaria estrutural está diretamente ligado à resistência dos blocos e da argamassa de assentamento que a compõe, a argamassa deve distribuir uniformemente os esforços de compressão em todo bloco estrutural, conforme diversos autores essa resistência não deve ultrapassar a faixa de 70 a 100% da resistência característica do bloco sob pena, de prejudicar o desempenho da unidade.

2. METODOLOGIA

2.1 Programa experimental

Para que os objetivos desta pesquisa fossem alcançados, foi desenvolvida a metodologia que segue as etapas contidas na Figura 1.

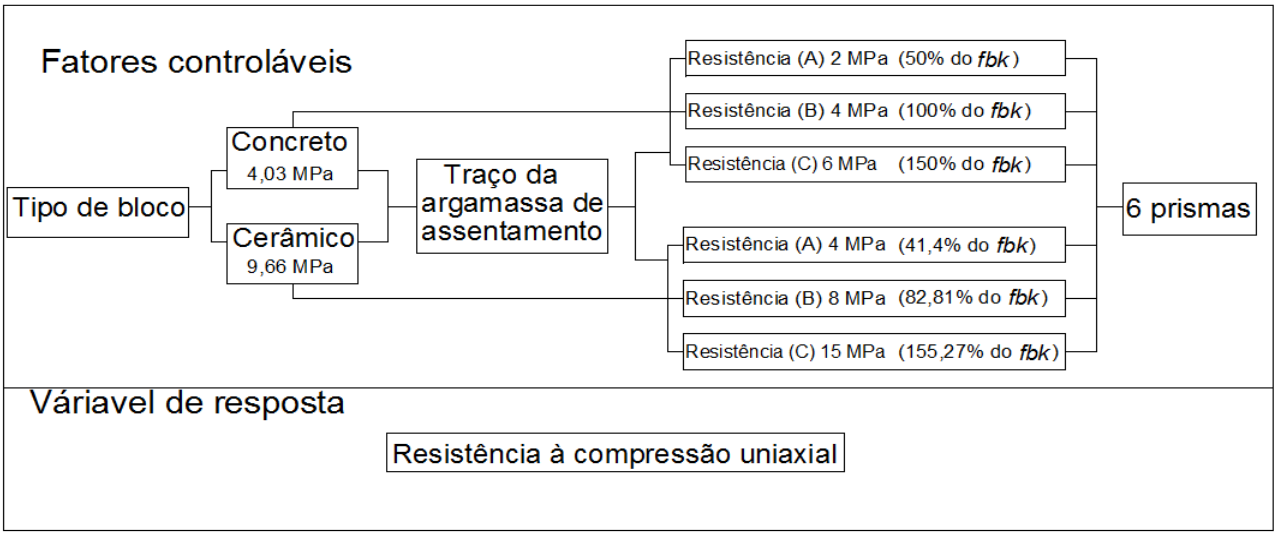


Figura 1. Programa experimental da pesquisa

O estudo foi realizado no LAPATEC (Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas) da URI – Campus de Erechim, onde foram executados 6 prismas cerâmicos para cada resistência de argamassa de assentamento, resistência (A), resistência(B) e resistência (C). Salienta-se que foi avaliado blocos de dois materiais, cerâmicos e de concreto. O valor de resistência característica a compressão dos mesmos foram obtidos e analisados anteriormente a confecção dos prismas.

.

2.2 Método de execução dos prismas

Os blocos utilizados para confecção dos prismas foram o estrutural cerâmico, de 14x19x29cm, vazado de resistência característica de 9,66 MPa, e o estrutural de concreto, de 14x19x39cm, vazado com resistência de 4,03 MPa, previamente fez-se todo o processo de caracterização física e mecânica dos blocos que foram utilizados nos prismas, após obtenção dos valores indicados das resistências dos blocos começou-se o procedimento de moldagem dos prismas.

Primeiramente foi feito o argamassamento entre os dois blocos que compõe o prisma, o mesmo foi feito utilizando argamassa industrializada com as resistências (A, B e C), com junta de assentamento de 10 mm, para cada tipo de bloco como indicado na figura 1. Após união dos blocos, respeitou-se um período de 24h de cura.

Após cura, fez-se o capeamento, que consiste em uma argamassa de regularização dos dois lados dos prismas, pós-regularização, os prismas foram armazenados em câmara climatizada, com temperatura de aproximadamente 23º e umidade relativa de 65%, durante 28 dias, logo após esse período, os prismas foram retirados da câmara e submetidos aos ensaios de compressão uniaxial.

2.3 Compressão uniaxial dos prismas

Segundo a NBR 15812-2 (ABNT, 2010) e NBR 15961-2 (ABNT, 2011), que determina os procedimentos para confecção, capeamento e ensaio dos prismas à compressão, os mesmos foram posicionados no centro do equipamento de modo que seu centro de gravidade esteja no eixo de carga dos pratos da prensa. Os comandos da prensa foram regulados de forma que a tensão aplicada se eleve progressivamente à razão de 0,05 ± 0,01 MPa/s.

Os prismas foram ensaiados individualmente, recebendo a carga no sentido perpendicular ao seu comprimento, até sua ruptura. Para a realização do ensaio utilizou-se a prensa mecânica para concreto EMIC, modelo PC200CS, com capacidade máxima de 2000 KN, provido de dispositivo que assegura a distribuição uniforme dos esforços no corpo de prova. A Figura 2 apresenta os prismas posicionados na prensa.

Figura 2. Prismas posicionados na prensa

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização do ensaio de compressão uniaxial, os resultados foram discutidos. Para os prismas de concreto obtiveram-se os valores de resistência mecânica apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resistência à compressão uniaxial dos prismas de concreto.

Prismas	Resistência A		Resistência B		Resistência C	
	Força aplicada (kN)	Resistência à compressão (MPa)	Força aplicada (kN)	Resistência à compressão (MPa)	Força aplicada (kN)	Resistência à compressão (MPa)
1	279,10	5,11	333,00	6,09	362,50	6,63
2	214,20	3,92	252,60	4,62	213,30	3,90
3	267,30	4,89	460,70	8,43	325,90	5,96
4	317,10	5,80	260,50	4,77	282,20	5,16
5	314,60	5,75	445,40	8,15	390,00	7,13
6	312,50	5,72	299,40	5,48	303,50	5,55
Média	284,13	5,20	341,93	6,26	312,90	5,72
Des. Padrão		0,73		1,66		1,14
C.V. (%)		14,07		26,58		19,97

Através da Tab. 1, obteve-se um valor de resistência média para os prismas (A, B e C) de 5,20 MPa, 6,26 MPa e 5,72 MPa, respectivamente. Após obtenção das resistências a compressão dos prismas, foi feito o calculo da resistência característica a compressão dos prismas (*fpk*).

Os valores encontrados para cada resistência de argamassa estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Resistência caracteristica à compressão (fpk) dos prismas de concreto.

Resistência Argamassa (MPa)	Fpk1 (MPa)	Fpk2 (MPa)	Fpk3 (MPa)	Fpk4 (MPa)	Fpk (MPa)
(A)	3,51	3,12	3,51	4,86	**3,51**
(B)	3,91	3,47	3,91	5,43	**3,91**
(C)	3,71	3,30	3,71	4,41	**3,71**

No que se refere aos valores da resistência característica dos prismas de concreto, percebe-se a mesma tendência dos resultados apresentados na Tabela 1, ou seja, a resistência característica média à compressão dos prismas de concreto (fpk) para as resistências de argamassa A, B e C, foram menores que resistência característica dos blocos, que foi de 4,03 MPa. Tais resultados também comprovam a teoria, embora também ocorra a proximidade elevada entre a amostra padrão, com resistência da argamassa de acordo com a norma (*fpk* = 3,91 MPa) e o *fbk* (4,03).

A Figura 3 ilustra graficamente a relação entre as resistências dos blocos e dos prismas de concreto.

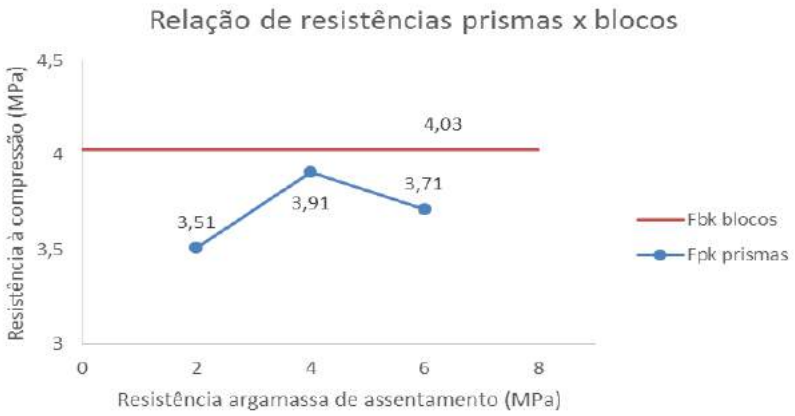


Figura 3. Relação resistência prisma x bloco de concreto

Observa-se que a resistência característica à compressão dos prismas (*fpk*) de concreto foi menor que as dos blocos de mesmo material (*fbk*), sendo esta diferença de aproximadamente 13%, 3% e 8% nas amostras A (resistência da argamassa abaixo da norma), B (resistência da argamassa dentro dos limites da norma) e C (resistência da argamassa acima da norma), respectivamente.

Para os prismas cerâmicos obtiveram-se os valores de resistência mecânica apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resistência à compressão uniaxial dos prismas cerâmicos.

Prismas	**Resistência A**		**Resistência B**		**Resistência C**	
	Força aplicada (kN)	**Resistência à compressão (MPa)**	**Força aplicada (kN)**	**Resistência à compressão (MPa)**	**Força aplicada (kN)**	**Resistência à compressão (MPa)**
1	248,90	6,13	323,70	7,97	372,80	9,18
2	156,40	3,85	346,10	8,52	262,60	6,47
3	196,40	4,84	342,60	8,44	220,10	5,42
4	183,70	4,52	320,70	7,90	257,60	6,34
5	210,40	5,18	345,10	8,50	366,00	9,02
6	178,20	4,39	334,10	8,23	381,70	9,40
Média	**195,67**	**4,82**	**335,38**	**8,26**	**310,13**	**7,64**
Des. Padrão		0,78		0,27		1,75
C.V. (%)		16,24		3,30		22,95

Através da tabela acima exposta, obteve-se um valor de resistência média para os prismas de resistência (A, B e C) os valores de 4,82 MPa, 8,26 MPa e 7,64 MPa, respectivamente. Após obtenção das resistências a compressão dos prismas, foi feito o calculo da resistência característica a compressão dos prismas (*fpk*).

Os valores encontrados para cada resistência de argamassa estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Resistência caracteristica a compressão (*fpk*) dos prismas cerâmicos.

Resistência Argamassa (MPa)	**Fpk1 (MPa)**	**Fpk2 (MPa)**	**Fpk3 (MPa)**	**Fpk4 (MPa)**	**Fpk (MPa)**
(A)	3,72	3,31	3,72	4,09	**3,72**
(B)	7,64	6,79	7,64	7,02	**7,02**
(C)	5,29	4,71	5,29	6,49	**5,29**

.

Quanto à resistência característica dos prismas cerâmicos, observa-se também que os valores de *fpk* de todas as resistências de argamassa (A, B e C) ficaram abaixo do *fbk* dos blocos cerâmicos, que foi de 9,66 MPa, mais uma vez de acordo com a teoria.

A Figura 4. ilustra graficamente a relação entre as resistências dos blocos e dos prismas cerâmicos.

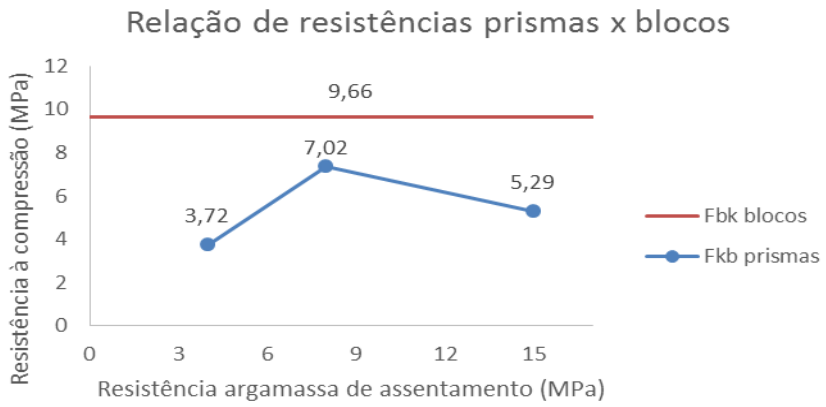


Figura 4. Relação resistência prisma x bloco cerâmico

Observa-se que a resistência característica à compressão dos prismas (*fpk*) cerâmicos foi menor que as dos blocos de mesmo material (*fbk*), sendo esta diferença de aproximadamente 61,5%, 27,3% e 45% nas amostras A (resistência da argamassa abaixo da norma), B (resistência da argamassa dentro dos limites da norma) e C (resistência da argamassa acima da norma), respectivamente.

A Figura 5 ilustra de forma gráfica estas quedas de resistência para os prismas cerâmicos e de concreto.

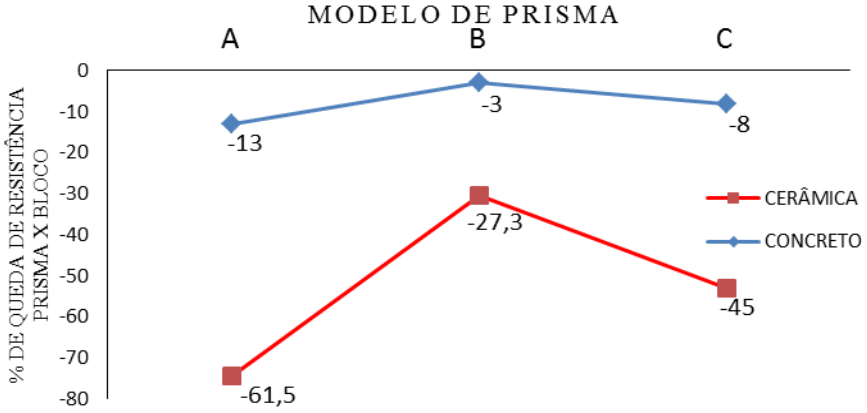


Figura 5. Porcentagem de queda de resistência prisma x bloco

Observa-se na Fig. 5 que ao comparar a resistência de prisma com a resistência do bloco, o material cerâmico obteve maior queda de resistência do que os blocos de concreto e percebe-se a tendência que ao diminuir a resistência da argamassa de assentamento aumenta o percentual de queda de resistência, o mesmo fato é visto quando a resistência da argamassa aumenta em relação à resistência do bloco, mantendo menor percentual de queda de resistência para os prismas que utilizaram a resistência da argamassa de assentamento recomendada por norma.

4. CONCLUSÕES

No presente trabalho foi realizada uma análise experimental do desempenho mecânico de prismas de dois blocos estruturais, cerâmicos e de concreto, variando a resistência da argamassa de assentamento. Foram estudadas três resistências diferentes de argamassa para cada tipo de bloco, sendo uma com valor abaixo do indicado pelas normas brasileiras (modelo A), uma dentro da faixa normativa (modelo B) e outra acima da norma (modelo C). Após a realização de todos os experimentos e análises, é possível concluir que:

Os resultados obtidos da caracterização mecânica de ambos os tipos de blocos mostraram valores de resistências características praticamente iguais aos valores fornecidos pelos fabricantes, com diferença de apenas 0,75% no caso do bloco de concreto e de 3,4% no cerâmico. Tais resultados contribuíram para a maior confiabilidade dos resultados obtidos para os prismas;

Os valores das resistências características dos prismas (*fpk*) foram menores que os dos blocos (*fbk*) tanto para os de concreto quanto para os cerâmicos. Tal fato está de acordo com diversos estudos que citam que a resistência do prisma é inferior à resistência do bloco devido à influência das partes componentes do prisma (bloco, argamassa, geometria,

medidas, módulo de elasticidade) sobre sua resistência à compressão. Isto comprova a importância de se entender que o comportamento de um bloco isolado é diferente do comportamento de uma parede, e que é de fundamental importância, para um projeto seguro, quantificar esta relação;

As menores quedas de resistência ocorreram, em ambos os materiais, nos prismas dos modelos B (resistência da argamassa dentro dos limites indicados por norma), ou seja, estes modelos de prismas mostraram-se mais resistentes que os demais, em concordância com a indicação da norma;

Os prismas cerâmicos mostraram-se mais sensíveis às alterações da resistência da argamassa de assentamento, uma vez que obtiveram as maiores quedas de resistência mecânica. Isto revela a importância de não se aplicar, empiricamente, a mesma relação de queda de resistência para materiais diferentes;

A argamassa de assentamento utilizada nos modelos B, com resistência dentro da faixa indicada por norma (70 a 100% do *fbk*), mostrou-se ideal para o assentamento destes blocos de concreto e cerâmico em particular, uma vez que proporcionou maiores resistências mecânicas do que os prismas dos modelos com resistências abaixo e acima da norma;

Os resultados obtidos neste trabalho são muito específicos para condições locais de: equipamentos, clima, mão de obra e características dos materiais (blocos e argamassa industrializada) produzidos pelos fabricantes fornecedores. Entretanto, o que se percebe, sem dúvida, são as tendências teóricas acerca do tema.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 15812-2 *Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Execução e controle de obras*. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 15961-2 *Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Execução e controle de obras*. Rio de Janeiro, 2011.

GOMES, N. S. *A resistência das paredes de alvenaria*. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1983.

MOTA, J. A. R. *Influência da junta vertical na resistência à compressão de prismas em alvenaria estrutural de blocos de concreto e blocos de concreto celular autoclavado*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, 156 p. 2001.

MUSGROVE, J., FLETCHER, B. Sir Banister Fletcher's: *A History of architecture. New York*: Butterworths, London, UK., 1989.

6. DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

A FINITE ELEMENT METHOD ANALYSIS ON STRESS AND RESISTANCE COMPORTMENT OF SLOPES IN MULTIFARIOUS SOIL ARCHETYPES

Giovani Jordi Bruschi
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gio.bruschi@gmail.com

Gilson Francisco Paz Soares
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gilsonfps@uricer.edu.br

Abstract. *The Finite Element Method (FEM) allows detailed visualization of where structures bend or twist, and indicates the distribution of stresses and displacements. In summary, benefits of FEM include increased accuracy, enhanced design and better insight into critical design parameters, virtual prototyping, fewer hardware prototypes, a faster and less expensive design cycle, increased productivity and increased revenue. Forthcoming, the geometrical influence on different soil type embankments from the mechanical strength viewpoint is the object studied in this research, whose applied method alluded to the numerical analysis throughout the utilization of a finite element methodology. The soil type, as well as the embankment geometric forms, were chosen considering their mechanical properties, with the impulsion of, accurately represent the typically descried soils in Brazilian territory. The geometry was divided into three types, rectangle trapezoid, isosceles trapezoid and irregular trapezoid. By these means, the rectangular trapezoid retained the zenithal stresses rendering the position of worst model geometry in terms of stress reduction. For the isosceles trapezoid, the stress stabilized on intermediary valuations. The obtained results corroborate the importance of soil mechanics studies, an area that tackles the characteristics of the soil, which encompasses concerns, such as the strength capacity, composition, stress distribution and concentration*

Keywords: *mechanical behavior, numerical simulation, soil construction, stress.*

1. INTRODUCTION

Numerical analysis can be characterized as the study of algorithms that use numerical approximation (as opposed to general symbolic manipulations) for the problems of mathematical analysis.

Computer simulations reproduce the behavior of a system using a model. Therefore, they have become a useful part of mathematical modeling of many natural systems in physics (computational physics), astrophysics, climatology, chemistry and biology, human systems in economics, psychology, social science, and engineering. Simulation of a system is represented as the running of the system's model. It can be used to explore and gain new insights into new technology and to estimate the performance of systems too complex for analytical solutions especially for soil mechanic's area in civil engineering (BECKETT, et al. 2001).

The materials that constitute the earth's crust are rather arbitrarily divided by the civil engineering into the two categories, soil, and rock. The soil is a natural aggregate of mineral grains that can be separated by such gentle mechanical means as agitation in water. Rock, on the other hand, is a natural aggregate of minerals connected by strong and permanent cohesive forces. Since the terms "strong" and "permanent" are subject to different interpretations, the boundary between soil and rock is necessarily an arbitrary one (CAO, et al. 1999). As a matter of fact, there are many natural aggregates of mineral particles that are difficult to classify either as soil or as a rock. In this text, however, the term soil will be applied only to materials that unquestionably satisfy the preceding definition.

In many engineering problems, it is necessary to consider the behavior of an initially unstressed body to which it is applied a first load-increment. It is attempted to predict the consequent distribution of stress and strain in key zones of the body. Intermittently it is assumed that the material is perfectly elastic, and because of the assumed linearity of the relation between stress-increment and strain-increment the application of a second load-increment can be considered as a separate problem (TERZAGHI, et al. 1996).

An embankment refers to a volume of earthen material that is placed and compacted for the purpose of raising the grade of a roadway (or railway) above the level of the existing surrounding ground surface (CAPUTO, 1988). A fill

refers to a volume of earthen material that is placed and compacted for the purpose of filling in a hole or depression. Embankments or fills are constructed of materials that usually consist of soil, but may also include aggregate, rock, or crushed paving material.

Normally, the coarser fill materials are placed at or near the bottom or base of the embankment in order to provide a firm foundation for the embankment and also to facilitate drainage and prevent saturation (TERZAGHI, et al. 1996). The top portion of an embankment usually is constructed of relatively high-quality, well-compacted subgrade material that is capable of supporting the overlying pavement layers and imposed wheel loadings without deflection or undesirable movement. The fill material used throughout the remainder of the embankment must be capable of meeting applicable specification quality requirements and be capable of being placed and compacted at or close to its maximum achievable density.

Many different types of soils may be suitable for use in the construction of an embankment or fill, ranging from granular soils (sand and gravel), which are highly desirable, to the more finely sized soils (silt and clay), which are usually somewhat less desirable. Certain types of soils (such as saturated clays and highly organic soils) are considered unsuitable for use as materials in embankment or fill construction. Regardless of the type of soil used to construct embankments or fills, the material should be well graded, capable of being well compacted, be within a proper range of moisture to optimize compaction, and be free of unsuitable or deleterious materials, such as tree roots, branches, stumps, sludge, metal, or trash.

Some oversize materials (over 100 mm (4 in) in size), such as rocks, large stones, reclaimed paving materials, or air-cooled slags, can be used for the construction of embankment bases (LAMBE, et al. 1969). Although the use of oversize materials can result in a stable embankment base, the oversize materials should have strong particles that do not readily break down under the action of construction machinery, but which have a range of sizes so that void spaces are at least partially filled.

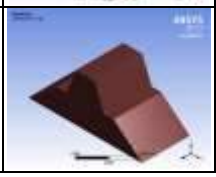
2. MATERIALS AND METHOD

The numerical calculus approach was the research method resorted in order to investigate the geometrical influence on different types of soil from the viewpoint of mechanical strength as well as the stress concentration. By the agency of The Finite Element Method and Ansys© Workbench 16.2 software, the analysis was wrought.

2.1 Materials

The applied soils designs differ in terms of, geometry, Elasticity Modulus (E) and Poisson Ratio (ν), nonetheless, endure equal volume. The model's geometric information are shown in table 1.

Table 1 – Soil Models Geometric Information

Model	Geometry	Volume (m^3)
Rectangle Trapezoid		1000
Isosceles Trapezoid		1000
Irregular Trapezoid		1000

In this research, four different types of soil were utilized -compacted sand (CS), compacted sand and gravel (CSG), sandy-clay (SC) and silt (S)- pursuant their mechanical properties, in order to accurately represent the commonly descried soils in Brazilian territory. For the numerical data, properties obtained by Terzaghi (et al. 1996) were endorsed (see table 2).

Table 2 – Materials Mechanical Properties

Material	Elasticity Modulus (MPa)	Poisson Ratio (-)
Compacted Sand	73,55	0,3
Compacted Sand and Gravel	156,91	0,4
Sandy-Clay	35,55	0,25
Silt	10,79	0,325

2.2 Method

Firstly, the geometrical figures were modeled. The option to use these forms justifies the use of similar embankment embodiments in real applications and also, the reductive characteristics, on the generated confinement, presented by this set. For each soil type, three geometric numerical models were confectioned, totalizing twelve specimens.

In order to calculate the element's von Mises stress, the following assumptions were made: the backfill is dry; cohesion less; homogeneous; isotropic and ideally plastic material; elastically non-deformable but breakable. In furtherance of prevaricating the soil comportment on destructive tests, the model's inferior faces had the movement blocked in all directions and the superior faces, load application local, demanded that the movement was permitted on all orientations. Particularly on the rectangle trapezoids, the left lateral face had its movement blocked on the direction perpendicular to the load with the objective to simulate a real soil situation.

Associated with a refined tetrahedral mesh, the ten knots finite solid element SOLID187 (figure 1) was employed. The applied load was equal to 5000 Pascal, representing according to NBR 7188:1 (ABNT, 2013), a standard live load for a vehicle type of 450kN, with three cargo axles spaced out by 1,5m and conveying an area of 18m².

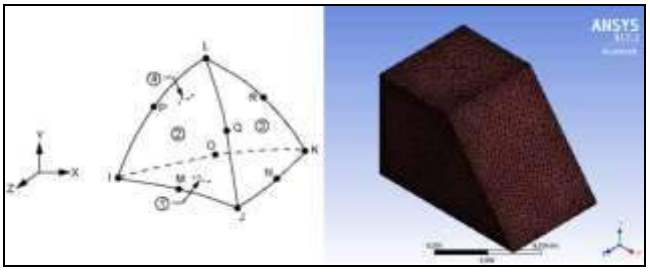


Figure 1 – Model and Mesh utilized on the analysis

3. RESULTS

The trapezoids were analyzed in terms of stress distribution and average von Mises stress. Furthermore, relations amongst the soil type and the geometry were established.

As formerly mentioned, for each soil type three specimen were modeled – rectangle trapezoid, isosceles trapezoid, and irregular trapezoid. The tension analysis considered the soil as an exclusionary element.

The figures 2, 3, 4 and 5 indicate the stress distribution for each soil type according to the chosen geometry. In general, it was noted that the rectangle trapezoid, on the evaluated variables, manifested the best stress distribution in all soils, when compared to the other models. The isosceles trapezoid had not presented any disquieting stress concentration and, in general, distributed the stresses progressively. Temporarily, the irregular trapezoid model presented bounteous punctual stress concentrations.

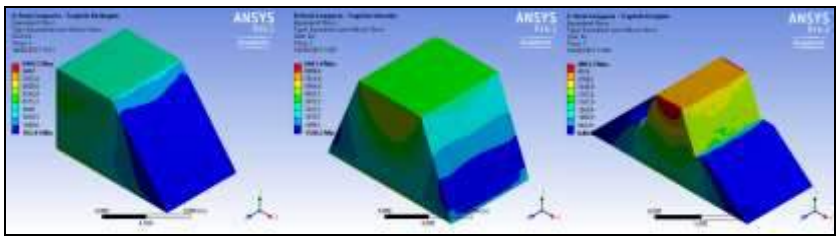


Figure 2 – Stress distribution for Compacted Sand.

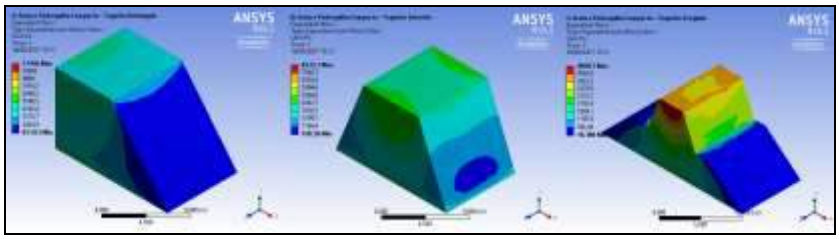


Figure 3 – Stress distribution for Compacted Sand and Gravel.

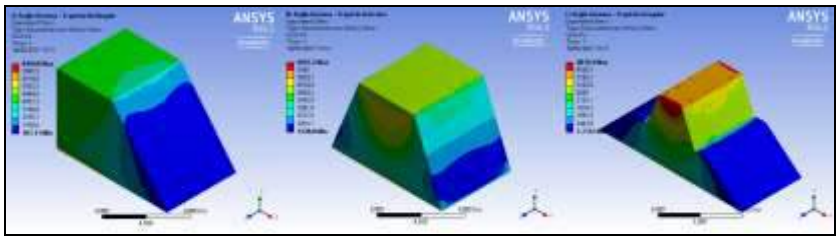


Figure 4 – Stress distribution for Sandy-Clay.

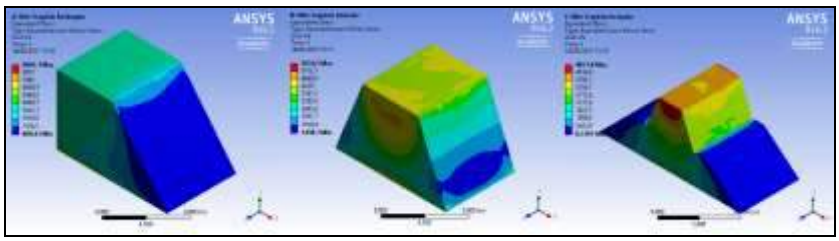


Figure 5 – Stress distribution for Silt.

With regard to the average von Mises stress, due the different geometry used, it was verified that despite the stress concentrations, the irregular trapezoid manifested the lowest average von Mises stress of all the models, in accordance with Table 3. Coequally, comparing the rectangle and the isosceles trapezoid, the second one, has shown lower stress in three of the four tested soils, nevertheless, these values were extremely similar.

Table 3 – Soil average von Mises stress according to the geometry.

Material	Geometry	Average von Mises Stress (Pa)
Compact Sand	Rectangle Trapezoid	3266,543105
	Isosceles Trapezoid	3253,250338
	Irregular Trapezoid	1729,300624
Compact Sand and Gravel	Rectangle Trapezoid	3299,408659
	Isosceles Trapezoid	3289,034053
	Irregular Trapezoid	1777,636531
Sandy-Clay	Rectangle Trapezoid	3259,362023
	Isosceles Trapezoid	3242,849810
	Irregular Trapezoid	1708,390971
Silt	Rectangle Trapezoid	3271,784124
	Isosceles Trapezoid	3280,559730
	Irregular Trapezoid	1740,371587

Table 4 elucidates the consequence of different geometry and soil properties on the material resistance. The CS soil presented a reduction of the average von Mises stress when compared to CSG and S, but an augmentation when correlated to the SC soil. Thereby, CSG soil conferred an increase in comparison to SC and S. Thus, SC when setting side by side to S has shown a diminution of the stress value.

Table 4 – Percentage variation according the soil type.

Geometry	Comparison	Percentage Variation on the average von Mises Stress (Pa)
Rectangle Trapezoid	CS to CSG	-1,097881429
	CS to SC	0,239885713
	CS to S	-0,175077431
	CSG to SC	+1,323239541
	CSG to S	+0,912782726
	SC to S	-0,415960975
Isosceles Trapezoid	CS to CSG	-1,200694932
	CS to SC	+0,348981677
	CS to S	-0,916345556
	CSG to SC	+1,531290482
	CSG to S	+0,280975715
	SC to S	-1,269758458
Irregular Trapezoid	CS to CSG	-3,319088506
	CS to SC	+1,435806122
	CS to S	-0,760211349
	CSG to SC	+4,602145351
	CSG to S	+2,47667415
	SC to S	-2,228007337

4. DISCUSSION

Embankments are often constructed using material obtained from a cutting. Thereupon, this constructive technique requires to be constructed using non-aerated and waterproofed, compacted (or entirely non-porous) material to provide adequate support to the formation and a long-term level surface with stability.

Thence, the irregular trapezoid has shown the undermost values, for all soils, of average von Mises stress, leading to the denouement that the used geometric form presents an optimum comportment on the stress reduction. By these means, the rectangular trapezoid retained the zenithal stresses -in all soils with the exception of silt- rendering the position of worst model geometry in terms of stress reduction. For the isosceles trapezoid, the stress stabilized on intermediary valuations.

In the vicinity of stress concentration, the rectangular trapezoid elucidated the best stress distribution along with the isosceles trapezoid, which unfolded a similar behavior, however, with higher stress values. The worst behavior for stress dispensation was attributed to the irregular trapezoid, which presented severe stress concentration on the load bearing surface.

The stress percentage variations, obtained from the soils, were surpassingly similar. Nonetheless, the sandy-clay soil endured a deportment with tensions in a preferable modus, presenting only percentage stress decreases when compared to the other studied materials.

The variations on the stress distribution as well as on the average von Mises stress happened due to the fact that, the studied elements possessed different geometry, Elasticity Modulus and Poisson Ratio affecting directly the resistance and stress distribution of the models.

5. REFERENCES

ABNT. *NBR 7188:2013 Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.* Rio de Janeiro, 2013.

BASSI, F., REBAY, S. Journal of Computation of Physics. 1997. 11 p. *A High-Order Accurate Discontinuous Finite Element Method for the Numerical Solution of the Compressible Navier–Stokes Equations*. (Dipartimento di Energetica) - Università degli Studi di Ancona, Ancona/Italy, 1997. 131.

BECKETT, G., MACKENZIE, J. A., ROBERTSON, M. J. Journal of Computation of Physics. 2001. 18 p. *A Moving Mesh Finite Element Method fot the Solution of Two-Dimensional Stefan Problems.* (Departament of Mathematics and Statistics) - University of Strathclyde, Gasgow/Scotland, 2001. 168.

BRANDTS, J. H., KORORTV, S., KRÍZEK, M. *Linear Algebra and its Applications. 2008. 13 p. The discrete maximum principle for linear simplified finite element approximations of a reaction-diffusing problem.* (Kortweg-de Vries Institute) - University of Amsterdam, Amsterdam/Netherlands, 2008. 429.

CAO, W., HUANG, W., RUSSELL, R. Journal of Computation of Physics. 1999. 23 p. *An Adaptive Finite Element Method based upon Moving Mesh PDEs.* (Department of Mathematics and Statistics) - Simon Fraser University, British Columbia, Canada, 1999. 149.

CAPUTO, H., P. *Mecânica dos Solos e suas Aplicações: Fundamentos*. 6. ed. Rio de Janeiro/RJ: LTC - Livros Técnico e Científicos Editora S.A., 1988. 7, 15, 18, 25, 30 p. v. 1.

LAMBE, W., WHITMAN, R. *Soil Mechanics: Series in Soil Engineering.* 1. ed. Massachusetts/AU: John Wiley & Sons Inc., 1969. 120, 122, 135, 240, 273, 274, 420, 470, 475, 500, 543 p.

MELENK, J., M. BABUSKA, I. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 1996. 25 p. *The Partition of Unity Finite Element Method: Basic Theory and Applications.* (Mechatronic Engineering) - University of Texas, Austin/Texas, 1996. 139.

PINTO, Carlos de Souza. *Curso Básico de Mecânica dos Solos*. 3. ed. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2006. 18, 15, 45 p.

SCHNAID, Fernando. *In Situ Testing in Geomechanics: the main tests*. 1. ed. Park Square, Milton Park, Abingdom, Oxon/OX: Taylor & Francis, 2008. 150, 159, 200, 253 p.

TERZAGHI, Karl; PECK, Ralph; MESRI, Gholamreza. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. 3. ed. New York, Third Avenue: John Wiley & Sons Inc., 1996. 3, 15, 29, 50, 120, 124, 135, 240, 273, 274, 420, 470, 475, 500, 543 p.

6. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

SLOPE DECLIVITY IMPACT: AN ARITHMETICAL COMPUTERIZED EVALUATION ON DISTINCT SOIL SAMPLES

Giovani Jordi Bruschi
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gio.bruschi@gmail.com

Gilson Francisco Paz Soares
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gilsonfps@uricer.edu.br

Abstract. *Finite element methods are numerical methods for approximating the solutions of mathematical problems that are usually formulated so as to precisely state an idea of some aspect of physical reality. A finite element method is characterized by a variational formulation, a discretization strategy, one or more solution algorithms and post-processing procedures. To this extent, the declivity impact on different soil type slopes from the mechanical strength viewpoint is the object studied in this research, whose applied methodology alluded to the numerical analysis. The soil types (compacted sand, compacted sand and gravel, sandy-clay and silt), as well as the slope inclination declivity, were chosen in consideration of their mechanical features, with the incitation of accurately representing the typically descried soils in Brazilian territory. The inclination pattern was divided into two types, embankment 1 (1.5x1) and embankment 2 (2x1). In the vicinity of stress concentration, embankment model A elucidated the best stress distribution. The stress percentage variations, obtained from the soils, were similar. Nonetheless, the sandy-clay soil endured a deportment with tensions in a preferable modus, presenting only percentage stress decreases when compared to the other studied materials. The obtained results corroborate the importance of soil mechanics studies, an area that tackles the characteristics of the soil, which encompasses concerns, such as the strength capacity, composition, stress distribution and stress concentration.*

Keywords: *slope, numerical analysis, mechanical behavior, stress distribution, soil mechanics.*

1. INTRODUCTION

The numerical analysis provides the foundations for a major paradigm shift in what we understand as an acceptable "answer" to a scientific or technical question. The modern mathematical analysis and scientific computing developed quickly and on many fronts. Contemporary, the focus is on numerical linear algebra, numerical methods for differential and integral equations, methods of approximation of functions, and the impact of these developments on science and technology.

Thus, a computer simulation or a computer model is defined as a computer program that attempts to simulate an abstract model of a particular system. These modeling have become a useful part of mathematical modelling of many natural systems in physics, chemistry and biology, human systems in economics, psychology, and social science and in the process of engineering new technology, to gain insight into the operation of those systems. Traditionally, the formal modeling of systems has been via a mathematical model, which attempts to find analytical solutions to problems which enable the prediction of the behavior of the system from a set of parameters and initial conditions. Computer simulations build on and are a useful adjunct to purely mathematical models in science, technology, and entertainment. The reliability and the trust people put in computer simulations depends on the validity of the simulation model. (Beckett, et al. 2001).

Furthermore, soil can be defined as a natural body comprised of solids (minerals and organic matter), liquid, and gases that occurs on the land surface, occupies space, and is characterized by one or both of the following: horizons, or layers, that are distinguishable from the initial material as a result of additions, losses, transfers, and transformations of energy and matter or the ability to support rooted plants in a natural environment.

2. SOIL MECHANICS

Soil mechanics is a branch of soil physics and engineering mechanics that describes the behavior of soils. Along with rock mechanics, soil mechanics provides the theoretical basis for analysis in geotechnical engineering, a sub-discipline of civil engineering, and engineering geology, a sub-discipline of geology. It is utilized to analyze the deformations of and flow of fluids within natural and man-made structures that are supported on or made of soil, or structures that are buried in soils. Example applications are building and bridge foundations, retaining walls, dams, and buried pipeline systems.

Principles of soil mechanics are also used in related disciplines such as engineering geology, geophysical engineering, coastal engineering, agricultural engineering, hydrology and soil physics. Engineers are concerned with soil's mechanical properties: permeability, stiffness, and strength. These depend primarily on the nature of the soil grains, the current stress, the water content and unit weight

2.1 Soil

The materials that constitute the earth's crust are rather arbitrarily divided by the civil engineer into the two categories, soil, and rock. The soil is a natural aggregate of mineral grains that can be separated by such gentle mechanical means as agitation in water. Rock, on the other hand, is a natural aggregate of minerals connected by strong and permanent cohesive forces. Since the terms "strong" and "permanent" are subject to different interpretations, the boundary between soil and rock is necessarily an arbitrary one. As a matter of fact, there are many natural aggregates of mineral particles that are difficult to classify either as soil or as the rock. In this text, however, the term soil will be applied only to materials that unquestionably satisfy the preceding definition.

On the basis of the origin of their constituents, soils can be divided into two large groups, those that consist chiefly of the results of chemical and physical rock weathering, and those that are chiefly of organic origin. If the products of rock weathering are still located at the place where they originated, they constitute a residual soil. Otherwise, they constitute a transported soil, regardless of the agent that performed the transportation

2.2 Soil Stress

When a building is constructed, its weight is transmitted to the ground through its foundation, thus inducing stresses in the underlying strata. These induced stresses might cause problems such as excessive settlement or shear failure and thus are important to geotechnical engineers.

As in other materials, stresses may act in soils as a result of an external load and the volumetric weight of the material itself. Soils, however, have a number of properties that distinguish it from other materials. Firstly, a special property is that soils can only transfer compressive normal stresses and no tensile stresses. Secondly, shear stresses can only be transmitted if they are relatively small, compared to the normal stresses. Furthermore, it is characteristic of soils that part of the stresses is transferred by the water in the pores.

Karl Terzaghi was the first to recognize the importance of effective stress. It is the stress transmitted through the grain to grain at the point of contact through soil mass. It is also known as inter-granular stress. When soil mass is loaded, the load is transferred to the soil gains through their point of contact. If at the point of contact, the applied load is greater than the resistance of the grains, then there will be compression in the soil mass. This compression is partly due to the elastic compression of the grains at the points of contact and partly due to relative sliding between particles. This load per unit area of soil mass responsible for deformation of the soil mass is termed as effective stress.

The soil is a porous material, consisting of particles that together constitute the grain skeleton. In the pores of the grain skeleton, a fluid may be present, usually water. The pore structure of all normal soils is such that the pores are mutually connected. The water fills a space of very complex form, but it constitutes a single continuous body. In this water body, a pressure may be transmitted, and the water may also flow through the pores. The pressure in the pore water is denoted as the pore pressure. If the water is at rest (i.e. when there is no flow of the water), the pressure in the water is determined by the location of the point considered with respect to the water surface.

Thus, effective stress cannot be measured in the field by any instrument. It can only be calculated after measuring total stress and pore pressure. Thus effective stress is not a physical parameter but is only a very useful mathematical concept for determination of engineering behavior of soil

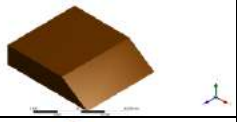
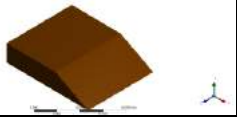
3. MATERIALS AND METHODS

The numerical calculus approach was the research method resorted in order to investigate the inclination pattern prerogative on different soil type embankments from the viewpoint of mechanical strength as well as the stress concentration. By the agency of The Finite Element Method and Ansys© Workbench 16.2 software, the analysis was wrought.

3.1 Materials

The applied embankments designs differ in terms of, geometry, Elasticity Modulus (E) and Poisson Ratio (v), nonetheless, endure equal volume. The model's geometric information are shown in table 1

Table 1 – Soil Models Geometric Information

Model	Geometry	Volume (m^3)
Embankment 1 (1.5x1.0)		5000
Embankment 2 (2.0x1.0)		5000

In this research, four different types of soil were utilized -compacted sand (CS), compacted sand and gravel (CSG), sandy-clay (SC) and silt (S)- pursuant their mechanical properties, in order to accurately represent the commonly descried soils in Brazilian territory. For the numerical data, properties obtained by Terzaghi (et al. 1996) were endorsed (see table 2).

Table 2 – Materials Mechanical Properties

Material	Elasticity Modulus (MPa)	Poisson Ratio (-)
Compacted Sand	73,55	0,3
Compacted Sand and Gravel	156,91	0,4
Sandy-Clay	35,55	0,25
Silt	10,79	0,325

3.2 Method

Firstly, the geometrical figures were modeled. The option to use these forms justifies the use of similar embankment embodiments in real applications (see Figure 1) and also, the reductive characteristics, on the generated confinement, presented by this set. For each soil type, two geometric numerical models were confectioned, totalizing eight specimens.

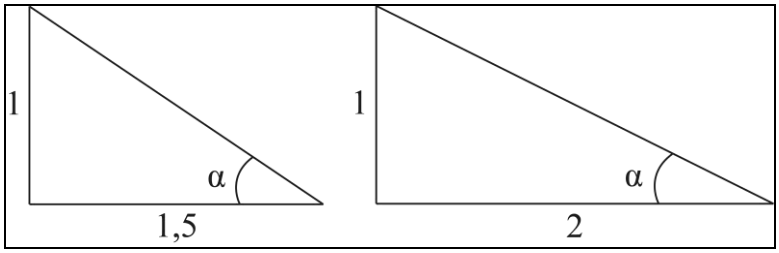


Figure 1 – Most common embankment angulation

In order to calculate the element's von Mises stress, the following assumptions were made: the backfill is dry; cohesionless; homogeneous; isotropic and ideally plastic material; elastically non-deformable but breakable. In furtherance of prevaricating the soil comportment on destructive tests, the model's inferior face had the movement blocked in all directions on the superior face, load application local, demanded that the movement was permitted on all orientations. Also, the left lateral face had its movement blocked on the direction perpendicular to the load with the objective to simulate a real soil situation.

Associated with a refined tetrahedral mesh, the ten knots finite solid element SOLID187 (figure 2) was employed. The applied load was equal to 5000 Pascal, representing according to NBR 7188:1 (ABNT, 2013), a standard live load for a vehicle type of 450kN, with three cargo axles spaced out by 1,5 m and conveying an area of 18 m^2.

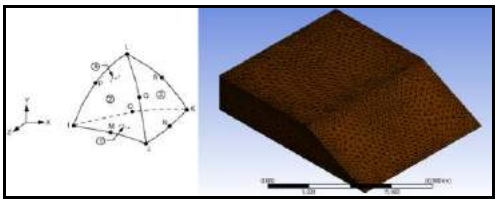


Figure 2 – Model and Mesh utilized on the analysis

4. RESULTS

The models were analyzed in terms of stress distribution and average von Mises stress. Furthermore, relations amongst the soil type and the geometry were established. As formerly mentioned, for each soil type two specimen were modeled and the tension analysis considered the soil as an exclusionary element.

The figures 2, 3, 4 and 5 indicate the stress distribution for each soil type according to the chosen geometry. In general, it was noted that the embankment model B, on the evaluated variables, manifested the best stress distribution in all soils, when compared to the other model. The embankment model A had not presented any disquieting stress concentration and, in general, distributed the stresses progressively. In regard to stress distribution, both models presented similar results.

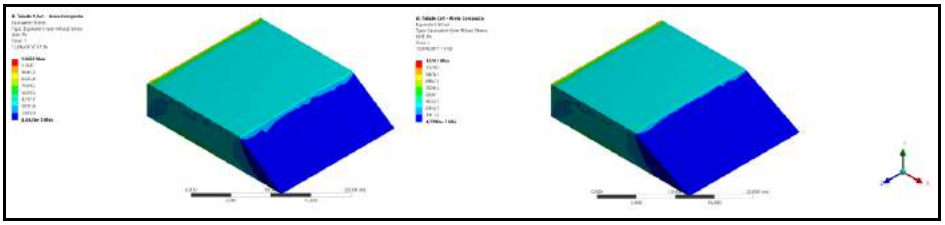


Figure 2 – Stress distribution for Compacted Sand for Embankment 1 and 2.

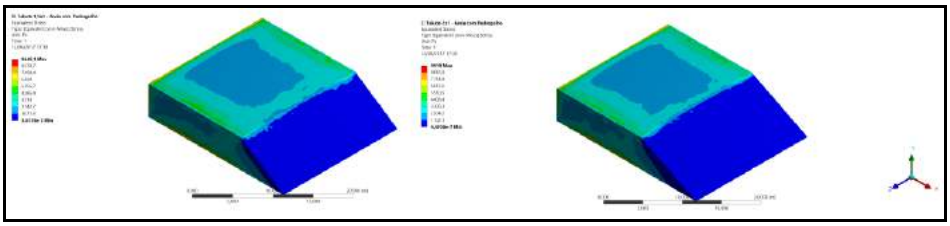


Figure 3 – Stress distribution for Compacted Sand and Gravel for Embankment 1 and 2.

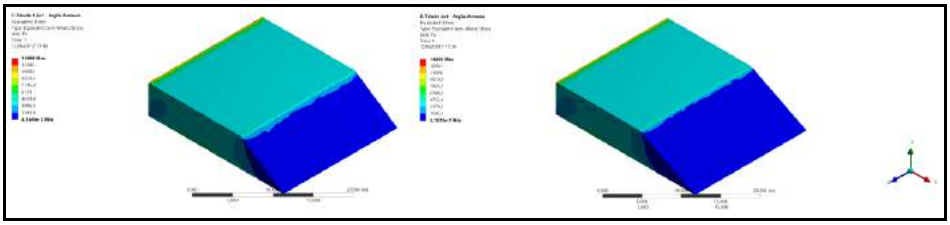


Figure 4 – Stress distribution for Sandy-Clay for Embankment 1 and 2.

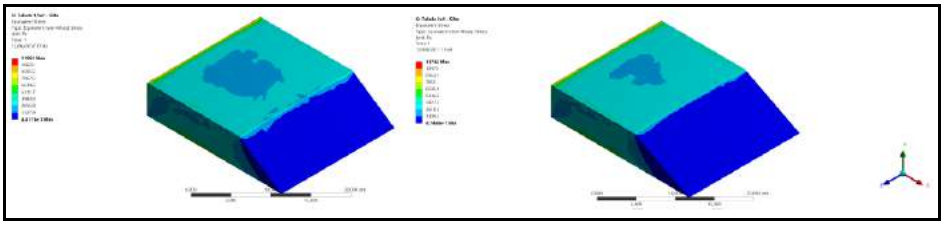


Figure 5 – Stress distribution for Silt for Embankment 1 and 2.

With regard to the average von Mises stress, due the different geometry used, it was verified that despite the minor stress concentrations, the embankment B manifested the lowest average von Mises stress of the models, in accordance with Table 3.

Table 3 – Embankment average von Mises stress according to the geometry.

Material	Geometry	Average von Mises Stress (Pa)
Compact Sand	Embankment 1	2153,387952
	Embankment 2	1883,242078
Compact Sand and Gravel	Embankment 1	1755,875036
	Embankment 2	1524,737796
Sandy-Clay	Embankment 1	2360,160232
	Embankment 2	2071,965644
Silt	Embankment 1	2048,214124
	Embankment 2	1787,04593

Table 4 elucidates the consequence of different geometry and soil properties on the material resistance. The CS soil presented a reduction of the average von Mises stress when compared to CSG and S, but an augmentation when correlated to the SC soil. Thereby, CSG soil conferred an increase in comparison to SC and S. Thus, SC when setting side by side to S has shown a diminution of the stress value.

Table 4 – Percentage variation according the soil type.

Model	Comparison	Percentage Variation on the average von Mises Stress (Pa)
Embankment 1	CS to CSG	-17,5279903
	CS to SC	7,199190265
	CS to S	-4,108009026
	CSG to SC	21,03939708
	CSG to S	21,03939708
	SC to S	-12,18437568
Embankment 2	CS to CSG	-17,60188683
	CS to SC	7,303640675
	CS to S	-4,184176885
	CSG to SC	21,17782986
	CSG to S	11,40943424
	SC to S	-12,39295442

5. DISCUSSION

Soil mechanics is a discipline of civil engineering that predicts the soil performance characteristics utilizing the engineering techniques of dynamics, fluid mechanics, and other technologies, it includes the study of soil composition, strength, consolidation, and the use of hydraulic principles to deal with issues concerning sediments and other deposits. Also characterized as one of the major sciences for resolving problems related to geology and geophysical engineering.

The type of construction, type of equipment to be used, type of foundation, support material, and many other aspects of construction works are largely affected by the soil mechanics studies. Embankments are often constructed using material obtained from a cutting. Thereupon, this constructive technique requires to be constructed using non-aerated and waterproofed, compacted (or entirely non-porous) material to provide adequate support to the formation and a long-term level surface with stability.

Thence, the embankment model 1 has shown the undermost values, for all soils, of average von Mises stress, leading to the denouement that the used geometric form presents an optimum comportment on the stress reduction. By these means, the embankment model 2 retained the zenithal stresses, in all soils, rendering the position of worst model geometry in terms of stress reduction.

In the vicinity of stress concentration, embankment model 2 elucidated the best stress distribution. The worst behavior for stress dispensation was attributed to the embankment model 1, which presented major stress concentrations on the load bearing surface.

The stress percentage variations, obtained from the soils, were similar. Nonetheless, the sandy-clay soil endured a deportment with tensions in a preferable modus, presenting only percentage stress decreases when compared to the other studied materials.

The variations on the stress distribution as well as on the average von Mises stress happened due to the fact that, the studied elements possessed different geometry, Elasticity Modulus and Poisson Ratio affecting directly the resistance and stress distribution of the models.

6. REFERENCES

ABNT. *NBR 7188:2013 Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas*. Rio de Janeiro, 2013.

BASSI, Francesco; REBAY, Sabrina. Journal of Computation of Physics. 1997. 11 p. *A High-Order Accurate Discontinuous Finite Element Method for the Numerical Solution of the Compressible Navier–Stokes Equations* (Dipartimento di Energetica) - Università degli Studi di Ancona, Ancona/Italy, 1997. 131.

BECKETT, Gregory; MACKENZIE, Jeremy Aron; ROBERTSON, Maicon Louis. Journal of Computation of Physics. 2001. 18 p. *A Moving Mesh Finite Element Method fot the Solution of Two-Dimensional Stefan Problems* (Departament of Mathematics and Statistics)- University of Strathclyde, Gasgow/Scotland, 2001. 168.

BRANDTS, Jan Heliot; KORORTV, Sergey; KRÍZEK, Michal. Linear Algebra and its Applications. 2008. 13 p. *The discrete maximum principle for linear simplified finite element approximations of a reaction-diffusing problem* (Kortweg-de Vries Institute) - University of Amsterdam, Amsterdam/Netherlands, 2008. 429.

CAO, Weiming; HUANG, Weizhang; RUSSELL, Robert. Journal of Computation of Physics. 1999. 23 p. *Anr-Adaptive Finite Element Method based upon Moving Mesh PDEs (*Department of Mathematics and Statistics)- Simon Fraser University, British Columbia, Canada, 1999. 149.

CAPUTO, Hormero Pinto. *Mecânica dos Solos e suas Aplicações: Fundamentos*. 6. ed. Rio de Janeiro/RJ: LTC - Livros Técnico e Científicos Editora S.A., 1988. 7, 15, 18, 25, 30 p. v. 1.

LAMBE, Willian; WHITMAN, Robert. *Soil Mechanics: Series in Soil Engineering*. 1. ed. Massachusetts/AU: John Wiley & Sons Inc., 1969. 120, 122, 135, 240, 273, 274, 420, 470, 475, 500, 543 p.

MELENK, John Mark; BABUSKA, Indiana. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 1996. 25 p. *The Partition of Unity Finite Element Method: Basic Theory and Applications* (Mechatronic Engineering) - University of Texas, Austin/Texas, 1996. 139.

PINTO, Carlos de Souza. *Curso Básico de Mecânica dos Solos*. 3. ed. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2006. 18, 15, 45 p.

SCHNAID, Fernando. *In Situ Testing in Geomechanics: the main tests.* 1. ed. Park Square, Milton Park, Abingdom, Oxon/OX: Taylor & Francis, 2008. 150, 159, 200, 253 p.

TERZAGHI, Karl; PECK, Ralph; MESRI, Gholamreza. *Soil Mechanics in Engineering Practice.* 3. ed. New York, Third Avenue: John Wiley & Sons Inc., 1996. 3, 15, 29, 50, 120, 124, 135, 240, 273, 274, 420, 470, 475, 500, 543 p

7. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE NUMÉRICA EXPRESSIVA SOB A ÓTICA INFLUENCIAL DA ESPESSURA DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO EM PRISMAS E PEQUENAS PAREDES NO BRIO MECÂNICO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Giovani Jordi Bruschi
Paulo Roberto Dutra
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gio.bruschi@gmail.com I paulo_rdutra@outlook.com

Gilson Francisco Paz Soares
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gilsonfps@uricer.edu.br

Resumo. *Concebida no período pré-histórico, a alvenaria tem sido utilizada em larga escala desde seus primórdios, sendo - possivelmente - o material composto mais utilizado em edificações contemporâneas e de outrora. A fase preliminar deste projeto alvejou a modelagem dos parâmetros tridimensionais e numéricos, sendo que, as espessuras de argamassa utilizadas nos procedimentos foram aludidas a três parâmetros. O primeiro referenciou padrões que se encontram abaixo dos especificados pela norma, sendo esses, 2 mm e 5 mm. O segundo critério caracterizou-se pelo regimento outorgado na normativa, 7 mm, 10 mm e 13 mm. Por conseguinte, o último preceito avaliou espessuras de 17 mm e 25 mm, essas, acima dos limites regulamentados. Sendo assim, no próximo passo,os modelos deformados e suas tensões de von Mises média de todos os nós foram analisados para prismas de dois e três blocos. A solução e os resultados compreendem os dois últimos passos da simulação. Nesta etapa é possível analisar o modelo deformado e suas tensões, ocasionadas pela carga aplicada no prisma. Desta forma, pode-se verificar a influência local e global da espessura da argamassa na distribuição de tensões do prisma. Após aplicação de carga de compressão nos modelos, os resultados apontam para as seguintes conclusões prévias: Os modelos estão bem implementados no que se refere as suas geometrias, carregamentos, condições de contorno e malhas; Através desta análise, será possível entender de que forma o espessura da argamassa de assentamento influencia no comportamento mecânico do bloco inteiro e de seus componentes.*

Palavras Chave: *Alvenaria estrutural, Compressão, Método dos elementos finitos, Bloco cerâmico.*

1. INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural pode ser constituída por tijolos de barro, inicialmente de baixa resistência, ou de pedra, e, configurado até o presente predominantemente de projetos empíricos. Nos últimos cinquenta anos, todavia, observa-se que pesquisas de cunho científico são desenvolvidas com o objetivo de tratar a alvenaria como um material de engenharia fundamentado (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Verificar numericamente, através do Método dos Elementos Finitos (MEF), com auxílio do programa ANSYS© Estrutural, o grau de influência que a espessura da junta de argamassa de assentamento de um determinado tipo de bloco cerâmico utilizado na construção de alvenaria estrutural na região de Erechim-RS, exerce na resistência mecânica à compressão desta alvenaria; esse é o objetivo geral do projeto que visa contribuir, através das publicações destes resultados, com os estudos científicos nesta área. Os objetivos específicos, para o primeiro semestre laboral, são apresentados da seguinte forma: Realizar a revisão literária, compilando informações normativas, científicas e bibliográficas acerca do processo construtivo da alvenaria estrutural, do MEF e da modelagem numérica a serem aplicados; Realizar a modelagem numérica de prismas, contendo dois e três blocos, bem como de pequenas paredes, contendo dois blocos de comprimento e cinco blocos de altura, assentados com diferentes espessuras de argamassa, sujeitos a cargas de compressão;

Contribuir, portanto, para reduzir os custos na execução de obras de alvenaria estrutural, proporcionar maior eficiência na resistência mecânica destas construções e minimizar o impacto ambiental gerado pelo consumo incorreto de matéria-prima para produzir a argamassa de assentamento dos blocos, são justificativas consideradas relevantes para a busca do entendimento do comportamento estrutural da referida alvenaria

2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em primeira estância os modelos foram concebidos, em versão tridimensional, no programa AutoCAD 2017, com o intuito de acelerar os seus processos de estruturação. As confecções foram elaboradas no formato de primas de dois blocos, prismas de três blocos e pequenas paredes, essas, contendo dois blocos de comprimento e cinco blocos de altura, todos, assentados com diferentes espessuras de argamassa de acordo com a NBR 15812-2 (2010).

As espessuras de argamassa utilizadas nos procedimentos foram aludidas a três parâmetros. O primeiro referenciou padrões que se encontram abaixo dos especificados pela norma, sendo esses, 2 mm e 5 mm. O segundo critério caracterizou-se pelo regimento outorgado na normativa, 7 mm, 10 mm e 13 mm. Por conseguinte, o último preceito avaliou espessuras de 17 mm e 25 mm, essas, acima dos limites regulamentados. Justifica-se a avaliação, da utilização de espessuras fora dos limites normativos, pela decorrência de implicações anormais contumazes em abordagens literárias, bem como em publicações científicas.

O tipo de análise abordada foi a tensão média de von Mises de todos os nós, tanto nos prismas quanto nas pequenas paredes. Desta forma, pode-se verificar a influência global da espessura da argamassa na distribuição e magnitude de tensões nos modelos. A geometria elaborada no AutoCAD 2017 foi exportada para o ANSYS© Estrutural, essa, servindo de alicerce para a caracterização dos elementos, sendo eles, argamassa e bloco cerâmico. As figuras 01, 02 e 03 apresentam os modelos executados por meio do programa numérico.

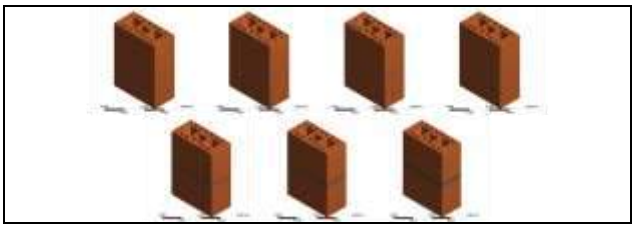


Figura 01 – Modelo Numérico Prismas Dois Blocos.

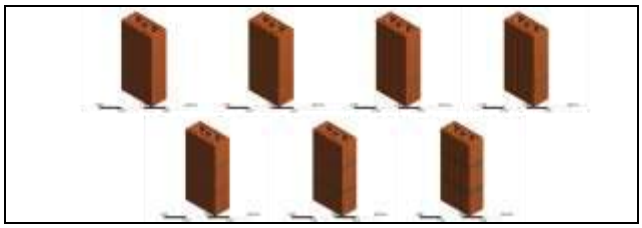


Figura 02 – Modelo Numérico Prismas Três Blocos.

.

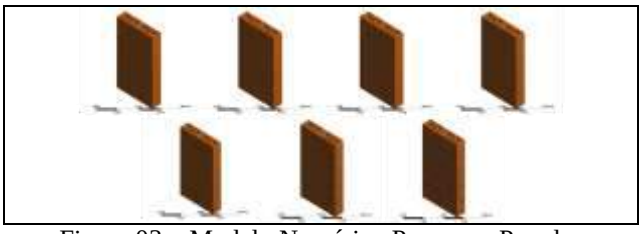


Figura 03 – Modelo Numérico Pequenas Paredes

As propriedades mecânicas dos blocos de alvenaria estrutural, bem como da argamassa utilizada são apresentadas na tabela 01.

Tabela 01 - Propriedades mecânicas do bloco e das argamassas.

Materiais	Módulo de elasticidade longitudinal E (GPa)	Coeficiente de Poisson (ν)
Bloco	10,00	0,31
Argamassa	7,00	0,16

Fonte: Santos (2008).

A criação das faces de contato apresentou-se através do uso da ferramenta “Connection”, que promoveu o vínculo entre a superfície da argamassa e a superfície do bloco, o tipo de contato utilizado foi o Bonded, ou seja, o

colado, devido à argamassa ser a cola para união dos blocos da alvenaria. O recurso "Mesh" engendrou a criação da malha numérica cujo método escolhido foi o dos tetraédronos, devido sua complexidade e acuracidade em resultados futuros. Com o intuito de apresentar o menor erro estatístico possível, criou-se um refinamento de malha, de categoria três, cujo percentual qualitativo faz referencia à excelência.

O elemento utilizado nas regiões internas dos blocos e da argamassa foi o tetraédrico de 10 nós SOLID187, por adaptar-se melhor ao modelo, uma vez que os septos caracterizam a quebra da continuidade da geometria.

A carga aplicada inicialmente, para testes de funcionalidade do modelo, foi uma pressão de 7 Mpa, mesma da resistência do bloco - fornecida pelo fabricante - distribuída na superfície superior do bloco. Posteriormente, serão aplicadas cargas de resistência à compressão obtida em ensaios experimentais para análise e comparação.

Na face superior, onde foi aplicada a carga na direção do eixo Y, foram restringidos os deslocamentos nas direções dos eixos X e Z (Displacement B), enquanto que na face inferior, apoiada, foram restringidos os deslocamentos nas direções dos eixos X, Y e Z (Displacement A). Tais restrições de deslocamentos foram utilizadas para simular as condições de confinamento do ensaio, causadas pelo atrito entre os pratos da prensa e o bloco (YAZIGI, 2013).

A solução e os resultados compreendem os dois últimos passos da simulação. Nesta etapa é possível analisar o modelo deformado e suas tensões, ocasionadas pela carga aplicada no prisma. Desta forma, pode-se verificar a influência local e global da espessura da argamassa na distribuição de tensões do prisma.

A análise dos resultados para os prismas de dois blocos foi divida em quatro parcelas, sendo elas, tensão de von Mises total, tensão de von Mises bloco superior, tensão de von Mises argamassa e tensão de von Mises bloco inferior, os resultados para os prismas de dois blocos apresentam-se nas tabelas 02, 03, 04, 05.

Tabela 02 – Tensão de von Mises total (Prismas de dois blocos).

Espessura Argamassa Assentamento	Tensão de von Mises Média Prisma (Pa)
2mm	6732636,791
5mm	6678101,367
7mm	6703187,290
10mm	6727087,175
13mm	6680279,863
17mm	6686779,122
25mm	6692045,769

Fonte: O autor.

Tabela 03 – Tensão de von Mises Bloco Superior (Prismas de dois blocos).

Espessura Argamassa Assentamento	Tensão de von Mises Média Bloco Superior (Pa)
2mm	6607242,301
5mm	6607664,284
7mm	6712417,270
10mm	6640769,275
13mm	6641043,975
17mm	6631667,495
25mm	6635847,625

Fonte: O autor.

Tabela 04 – Tensão de von Mises Argamassa (Prismas de dois blocos).

Espessura Argamassa Assentamento	Tensão de von Mises Média Argamassa (Pa)
2mm	6783471,984
5mm	6780430,784
7mm	6718563,375
10mm	6688985,702
13mm	6717011,265
17mm	6705641,858
25mm	6713700,609

Fonte: O autor.

Tabela 05 – Tensão de von Mises Bloco Superior (Prismas de dois blocos).

Espessura Argamassa Assentamento	Tensão de von Mises Média Bloco Inferior (Pa)
2mm	6676441,567
5mm	6677379,688
7mm	6711380,748
10mm	6689325,359
13mm	6760155,249
17mm	6679463,177
25mm	6684399,273

Fonte: O autor.

Para exploração e sondagem dos prismas de três blocos, os resultados foram divididos em seis estádios, sendo eles, tensão de von Mises total, tensão de von Mises bloco superior, tensão de von Mises argamassa superior, tensão de von Mises bloco central, tensão de von Mises argamassa inferior e tensão de von Mises bloco inferior. Os resultados para os prismas de três blocos apresentam-se nas tabelas 06, 07, 08, 09, 10, 11.

Tabela 06 – Tensão de von Mises Total (Prismas de três blocos).

Espessura Argamassa Assentamento	Tensão de von Mises Média Prisma (Pa)
2mm	125431196,480
5mm	125413556,518
7mm	125390047,820
10mm	125201243,410
13mm	155681428,448
17mm	148317179,773
25mm	144319292,687

Fonte: O autor.

Tabela 07 – Tensão de von Mises Bloco Superior (Prismas de três blocos).

Espessura Argamassa Assentamento	Tensão de von Mises Média Bloco Superior (Pa)
2mm	125396361,579
5mm	125356707,459
7mm	125335500,365
10mm	125102276,640
13mm	155626810,964
17mm	148262920,406
25mm	144264335,205

Fonte: O autor

Tabela 08 – Tensão de von Mises Argamassa Superior (Prismas de três blocos).

Espessura Argamassa Assentamento	Tensão de von Mises Média Argamassa Superior (Pa)
2mm	125504586,663
5mm	125454709,073
7mm	125429289,370
10mm	125327876,710
13mm	155720821,005
17mm	148354521,867
25mm	144357405,645

Fonte: O autor.

Tabela 09 – Tensão de von Mises Argamassa Inferior (Prismas de três blocos).

Espessura Argamassa Assentamento	Tensão de von Mises Média Argamassa Inferior (Pa)
2mm	125503977,179
5mm	125454669,444
7mm	125429800,726
10mm	125413376,780
13mm	155721731,551
17mm	148356226,513
25mm	144358825,750

Fonte: O autor.

Tabela 10 – Tensão de von Mises Bloco Central (Prismas de três blocos).

Espessura Argamassa Assentamento	Tensão de von Mises Média Bloco Central (Pa)
2mm	125481240,457
5mm	125441305,470
7mm	125420718,782
10mm	124781306,400
13mm	155713106,060
17mm	148348964,746
25mm	144351199,768

Fonte: O autor.

Tabela 11 – Tensão de von Mises Bloco Inferior (Prismas de três blocos).

Espessura Argamassa Assentamento	Tensão de von Mises Média Bloco Inferior (Pa)
2mm	125428178,222
5mm	125387661,361
7mm	125367079,559
10mm	124199516,870
13mm	155658310,263
17mm	148293946,741
25mm	144295214,817

Fonte: O autor.

A realização da análise inerente a distribuição de tensões nos prismas e dois e três blocos fez-se a partir dos resultados apresentados pelo programa, estes são elucidados nas figuras 04 e 05.

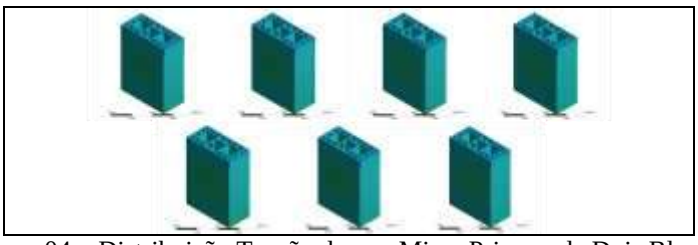


Figura 04 – Distribuição Tensão de von Mises Prismas de Dois Blocos.

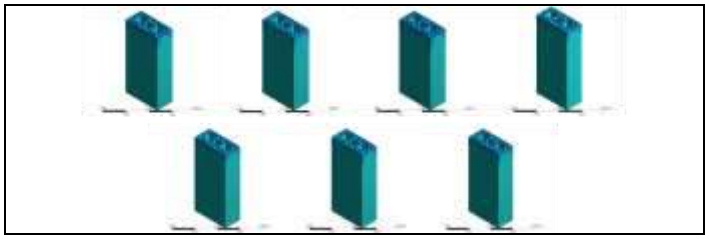


Figura 05 – Distribuição Tensão de von Mises Prismas de Três Blocos.

O menor e o maior valor de tensão média de Von mises, nos prismas compostos por dois blocos, occoreu nas espessuras de 5 mm e 2 mm respectivamente, isso justifica-se devido a menor representatividade da modelagem das restrições de deslocamentos bem como de condições de confinamento - causadas pelo atrito entre os pratos da prensa e o prisma - quando comparadas ao modelo do prisma de três blocos. Já para os prismas de três blocos, o menor valor de tensão média de von Mises aconteceu na espessura de 10 mm e o maior valor na espessura de 17 mm, corroborando com a especificação normativa bem como com postulados teóricos, tendo em vista que este é um modelo computacional com uma maior capacidade representativa da realidade, pois o bloco central está livre dos efeitos da prensa.

3. CONCLUSÃO

A alvenaria é utilizada desde os primórdios das civilizações representando, não somente a evolução do homem, mas também a solidificação do conhecimento ao longo das eras. Esta pesquisa visa estudar, numericamente, a influência da espessura da junta de argamassa de assentamento de prismas e pequenas paredes na resistência mecânica de alvenaria estrutural. Objetivo, esse, pioneiro em sua área de abrangência.

A fase preliminar alvejou a modelagem dos parâmetros tridimensionais e numéricos. Na segunda fase visou-se o carregamento, bem como a análise das tensões nos prismas de dois e três blocos. Estas etapas foram concluídas com êxito e não houveram problemas em suas execuções.

Após aplicação de carga de compressão nos modelos, os resultados apontam para as seguintes conclusões prévias: Os modelos estão bem implementados no que se refere as suas geometrias, carregamentos, condições de contorno e malhas; É possível obter, através dos testes computacionais, os parâmetros de análise, ou seja, tensões de compressão média no prisma, no bloco isolado, em uma face e em toda a camada de argamassa; Através desta análise, será possível entender de que forma o traço da argamassa de assentamento influencia no comportamento mecânico do bloco inteiro e de seus componentes.

Para a representatividade das pequenas paredes espera-se um resultado extremamente condizente com ensaios experimentais bem como uma margem de erro baixíssima, pois as mesmas possuem diversos blocos que estão livres dos efeitos causados pelo atrito dos pratos da prensa.

4. REFERENCES

RAMALHO, M.; CORRÊA, M. R. S. *Projeto de edifícios de alvenaria estrutural*. São Paulo: Pini, 2003.

SANTOS, M. J. F. *Análise da resistência de prismas e pequenas paredes de alvenaria estrutural cerâmica para diferentes tipos de argamassas.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

YAZIGI, W. *A técnica de edificar*. São Paulo: Pini: Sinduscom-SP., 2013.

5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso nesse artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CLIMACTERIC ANALYSIS ON GYPSUM SYSTEMATIC ALLOCATION IN SOILS: IMPLICATIONS AND CHALLENGES

Giovani Jordi Bruschi
Higor Vinícius Strapasson
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gio.bruschi@gmail.com I higor.strapasson@hotmail.com

Levino Bertochi Junior
Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC PR - Programa de Pós Graduação em Administração (PPAD) / Mestrando 2017
levinojunior@gmail.com

Gilson Francisco Paz Soares
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gilsonfps@uricer.edu.br

Abstract. *This article pledges with the state-of-the-art of gypsum effects and properties surveys carried out with reference to geotechnical engineering. Draws upon a theoretical exposition, whose applied methodology was the desk-research, based on Congress proceedings, Digital Thesis Bank, as well as books dated from 1980 to 2017, holding as gypsum, soil properties, geotechnical engineering and subbase soil. The Gypsum, whether in massive or particulate form, dissolves producing caverns and/or progressive settlements: accelerating seepage flows and accompanying deteriorations of foundation unlikely if provision is made to keep the initial seepage flow rates to the low value. The physical stabilization of gypsiferous soil by increase compaction can be considered as a firm solution to improve the performance of problematic gypsiferous soils as it is cheaper than replacing fully or partly the sulfate bearing soil with a sulfate free soil on the site. In conclusion, adding gypsum to the soil will influence the swelling and have characteristics of the soil based on the presence of other minerals and chemicals in the soil. In other words, the soil chemical composition plays the major role in controlling the heave and swelling characteristics of the soil when gypsum is added while the size of the added gypsum particles has a limited effect on this soil property.*
Keywords: *gypsum, soil properties, geotechnical engineering, subbase soil.*

1. INTRODUCTION

Normally, the soil utilized on a construction site is not ideal from the geotechnical engineering viewpoint. An attractive approach, which is usually used to avoid many of the settlement and stability problems, associated with soft foundation soils can be characterized as soil improvement and treatment.

In its broadest sense, soil improvement is the alteration of any property of a soil to enhance its engineering performance. Soil-improvement techniques involve changing soil characteristics by a physical action, such as vibration, or by the inclusion or mixing in the soil of a stronger material. The aim of this process is as follows: increase the load-bearing capacity and/or the shear strength; reduce both absolute and differential settlements or in certain cases, accelerate them; to mitigate or remove the risk of liquefaction in the event of an earthquake or major vibrations (Kamei, et al. 2013).

The subgrade conditions present a noteworthy repercussion on the choice and thickness of pavement structure and the way it is designed due to the pavements function of distributing stresses imposed by traffic to the subgrade. Depending on the existing soils and project design, the subgrade properties may have to be enhanced, either mechanically, chemically, or both, aiming the implementation of a platform for the origination of subsequent layers which display the capacity of providing the adequate support for pavement over its design life (Fisher, 2011).

In accordance with Hawkins, et al. (1987), gypsum contains 32.6% calcium oxide, 46.5% sulfur trioxide and 20.9% combined water (H2O). As a result of dehydration of gypsum, the first 1½ molecules of (H2O) in gypsum are lost relatively continuously between 0 °C and about 65 °C, perhaps with only slight changes in the gypsum structure, leading to bassanite. At about 70 °C, the remaining (½H2O) molecule in bassanite (hemihydrate) is still retained relatively strongly but at about 95 °C it is lost and the structure transforms to that of anhydrite (CaSO4). Both anhydrite and hemihydrate have several different forms with different properties, but in general, if anhydrite or hemihydrate are mixed with water, they will hydrate to gypsum (Hawkins, et al. 1987).

Essentially, the soil utilized as construction component may encompass natural gypsum components (gypseous, gypsiferous, or sulfate bearing soils) or the gypsum may be appended to the nongypsiferous soil in small quantities either to improve its properties or to minimize the landfilling of waste products involve gypsum.

To that end, gypsum subsistence on soils used as construction materials and its effect on the different soil properties has been studied independently by innumerous researchers. Subsequently, this article main feature is to highlight the efforts that have been done on this subject and discuss the main discoveries in this research area.

2. GYPSUM SOLUBILITY STIRRING ANTECEDENTS

The Gypsum, whether in massive or particulate form, dissolves producing caverns and/or progressive settlements: accelerating seepage flows and accompanying deteriorations of foundation unlikely if provision is made to keep the initial seepage flow rates to the low value (Aldaood, et al. 2014). The influence of different factors on the gypsum solubility have been studied and reported by different authors due to the fact that, various antecedents can perturb the gypsum solubility in water, which may affect the soil mechanical engineering properties.

Keren, et al. (1980), ascertained that the gypsum dissolution rate constant (K) increased 3.25 times when the temperature augmented from 5 °C to 23 °C. On the other hand, Khan et al. (1994), pointed out that the chemical composition of water can have a significant influence on the dissolution of gypsum. With reference Kamei, et al. (2013), the solubility of gypsum and anhydrite in water at 25 °C is 2.6 and 2.1 g/l respectively. The solubility can vary with the concentration and the composition of soil solution

The pH value, the particle size distribution and the applied pressure are all factors that affect gypsum solubility. Keren, et al. (1980), pointed out that the effect of pH is extremely important due to the fact that acids are capable of increasing the solubility of most common substances. Nevertheless, Khan et al. (1994), discovered a reduction in the percentage of many salts such as CaSO4 when a gypsiferous soil is treated with nitric acid (HNO3) and hydrochloric acid (HCl) of different concentrations.

According to Hawkins, et al. (1987), the gypsum solubility is approximately 2.6 gm/l (in spite of the solubility varies somewhat with the concentration and the composition of soil solution). It was discovered that 1:1 soil:water ratio would dissolve only about 0.25% weight of gypsum in a soil sample. Therefore, the soil:water ratio should be very dilute when high gypsum percentages are involved, e.g. for 40% gypsum, the ratio soil:water ratio should be at least 1:160 to dissolve the whole gypsum. Harris, et al. (2005), divulged that the gypsum solubility is conversely proportional to the particle size (i.e. its solubility increases linearly with increasing mesh number). Kamei et al. (2012), reported that the solubility of all CaSO4 phases (i.e. gypsum, hemihydrate and anhydrite) increases with increasing the applied pressure.

.

3. PAVEMENT PREDICAMENTS ON GYPSIFEROUS SOILS

The soluble salts damage in the road occurs when the soluble salts, particularly sulfate, are found in the ground, ground water, and road mineral aggregate. They added that the magnitude of the damage is influenced by traffic load and pavement thickness. The physical salt damage may happen when soluble salts contained in the base aggregate or in an underlying material are moved upwards by evaporation of water through the surfacing and they crystallized out beneath the surface layer to blister and crack the surface.

Highly gypsiferous soils which are permeable or containing fissures suffer from the formation of cavities due to leaching out of gypsum from regions surrounding the waterways (Aziz, et al. 2011). Due to the fact that a large amount of money is spent in the construction of highways, the use of available materials becomes one of the essential requirements in minimizing their construction cost. The salt-bearing soils have been used extensively in road construction both as general fill for embankments as well as subbase materials, as reported by Harris, et al. 2005. To this extent, it is eminently important to study the characteristics of gypsiferous soils and their soluble mineral constituents in order to understand their behavior under different field conditions.

Kobayashi, et al. (2013), reported many of the problems encountered in highly gypsiferous soils. Such problems include non-homogeneity, great losses in strength upon wetting, the sudden increase in compressibility upon wetting, continuation of deformation and collapse upon leaching due to water movement, the existence of cracks due to seasonal changes, existence of holes due to the local dissolution of gypsum.

Pursuant to Kamei, et al. (2012), gypsum karst problems had caused difficult conditions for bridge and road construction. Innumerous roads, airfield pavements, and parking lots have endured rigorous pavement detriment due to expansive minerals concocted from the reactions of calcium based materials used to stabilize sulfate-bearing soils. Remediation costs for projects that suffer sulfate-induced heave damage are very high, because often the entire pavement may have to be removed and reconstructed (Aldaood, et al. 2014).

The need for constructing new highways in areas having high gypsum content is faced with the problem of soluble salts in the subgrade soil as well as in fill material for the embankments. From the economic point of view, it is necessary to study in depth the possibility of using gypsiferous soils for subgrade and embankment purposes. All of the aforementioned problems have been encountered due to the high presence or formation of gypsum in soil used as a

construction material. Therefore, it is very important to shed light on the effect of gypsum content on the different engineering soil properties.

4. GYPSUM EFECTIVENESS ON SOIL PROPERTIES

Gypsum modifies the soil properties utilized as construction materials. Nevertheless, some researchers used natural gypsum and other used recycle gypsum to explore the gypsum effect on soil performance. The authors illustrate and discuss the research done to investigate the effect of natural gypsum as well as recycled gypsum on different soil properties.

The presence of crystalline gypsum in the soil complicates the determination of the water content, the specific gravity of the particles, the grain - size distribution - and consequently other interconnected characteristics (Aziz, et al. 2011). Confiding in the existing soils and project design, the subgrade properties present the necessity to be evaluated, to provide a platform for the construction of subsequent layers and to provide adequate support for the pavement over its design life.

4.1 Gypsum Effectiveness on Soil Strenght

The effect of different percentages of recycled basanite content (namely 0%, 5%, 10% and 15%) on both compressive and splitting tensile strengths of two types of cohesion-less soil was studied by Aziz, et al. (2011). It was discovered that both compressive and splitting tensile strengths enhanced with the additives of recycled basanite. The increase of bassanite content had a more significant effect on the compressive strength compared with the effect on tensile strength according to Kobayashi, et al. (2013). They added that the use of recycled basanite to enhance the strength of sandy soil had a more significant effect compared with silty soil. For silty soil, increasing the basanite content from 0% to 15% caused an increase of 2.5-fold and 6.5-fold in the splitting tensile and compressive strength respectively.

Ganjian, et al. (2008), reported that the angle of internal friction (Ø) of low plasticity gypseous clay increased with increasing gypsum content. Razouki et al. (2011), studied the effect of adding different gypsum contents (0%, 3%, and 10%) on the shear strength of a silty clay brought from a site in Baghdad city. The test results showed that the unconfined compressive strength increased as the gypsum content increased for unsoaked specimens.

4.2 Gypsum Effectiveness on Soil Enlargement

Ahmed (2013), reported that the increase of recycled gypsum content is associated with reducing of capillary rise. Thus, the time required for water to rise within the soil sample is increased. It is followed by reducing the formation of ice lenses and then the effect of frost heave will be minimized (Ahmed et al., 2011). Frost heave property throughout capillary rise test was investigated to determine the behavior of treated soil with recycled gypsum (Ahmed et al., 2011).

As stated in Harris, et al. (2005), the estimated expansion pressure from gypsum is generally less than that of expanding montmorillonitic clay and is probably greater than that from capillary frost heave. As reported by Ahmed (2013), gypsum may be used as a stabilizing agent for expansive clay soils, effectively. It was found that the swell percent obtained from carrying out free swell test on expansive clay that the swell percent of the clay decreased from about 65% for untreated clay to 20% for clay samples mixed with 10% gypsum by mass.

4.3 Gypsum Effectiveness on Soil Permeability

In line with Kota, et al. (2007), the permeability increased with augmentation of gypsum content in a compacted clayey loam and sandy loam. This factor was attributed to the escalation in void ratio with the increment of gypsum content and this occurs due to the dissolution of gypsum in the soil which leads to enlarging cavities between soil particles and forming channels that ease water flow.

Razouki et al. (2011), contemplated that gypsum reduces the hydraulic conductivity when it is very fine (<44 μm) and close the macropores of fine textured soils. In soils with coarser textures, by-pass flow is less important and the fine-gypsum infillings have less influence on the saturated hydraulic conductivity. The presence of large gypsum particles in macropores does not reduce the saturated hydraulic conductivity because the resulting packing pores are still not large enough to restrict flow (Ameta, et al. 2008).

4.4 Gypsum Effectiveness on Soil Compactation

In accordance with Harris, et al. (2005), the addition of gypsum <63 μm in size or gypsum particles between 250 and 355 μm tends to decrease the maximum dry density (cdmax) and to increase the optimum moisture content (OMC) of the soil. In the case of the addition of gypsum in the size fraction between 850 and 1000 μm a decrease in both the maximum dry density and optimum moisture content was obtained. This compaction behavior occurs as a result of both

the specific gravity and the grain size of the gypsum. The decrease in the maximum dry density may be attributed to the loss of some compaction energy in breaking the cementations bonds which may form between clay and gypsum particles. Fattah, et al. 2012, discovered that the mixing of gypsum with the sandy silty clay may involve cation exchange. It may also produce flocculation and agglomeration of the soil which will decrease the plasticity index and should, therefore, decrease the optimum moisture content, because of the decrease in the surface area due to the increase in edge to face contacts of the particles.

As stated in Ahmed (2013), eight sand-gypsum mixtures were tested by the use of standard Proctor effort to evaluate the effect of gypsum content on the compaction characteristics of the sandy soil. The mixtures had 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 65%, and 80% gypsum content by weight. The tests results showed that at low gypsum contents (i.e., gypsum content ranging from zero to about 30% by weight) there was a slight increase in the maximum dry density associated with a slight decrease in the optimum water content when gypsum content increased up to 15%. On the contrary, when gypsum content increased more than 30%, the maximum dry density started to decrease noticeably associated with a clear increase in the optimum water content. This behavior was attributed to two influence factor, the first factor was the role of gypsum particles as a filling material to the intergranular voids of the soil matrix, while the second factor was the decrease in the overall specific gravity of the soil mixture associated with the increase in gypsum content, since the specific gravity of the sandy soil used is 2.65 while it is 2.33 for gypsum (Ahmed, 2013).

5. ACKNOWLEDGEMENTS

In the matter of the gypsum effect content on soil enlargement, the free swell pressure of clay decreases with increasing the amount of gypsum added to the soil. Nevertheless, this consideration has not included the swell pressure resulting from natural crystallization and formation of gypsum inside the soil due to chemical reactions caused by weathering and chemical reactions between the soil components. With respect to frost heave, most of the findings show that the frost heave decreases with increasing the amount of gypsum added to the soil.

The majority of the researchers accept the fact that there is an optimal gypsum content in the soil which leads to the best performance of that soil, but this percentage differs from one soil to another depending on many factors such as the type of the soil and its particle size distribution, the type of gypsum component and its fineness, the presence of other salts in the soil, the drying and soaking conditions.

Regarding the effect of gypsum content on soil permeability, researches have also shown that the soil permeability affected mainly by the amount and size of gypsum particles with respect to the soil particles. In other words, the soil permeability increases with increasing the gypsum content when the added gypsum consists of particles larger than the soil particles due to the gypsum solubility, and decreased when the gypsum particles are smaller than the soil particles and hence gypsum block the flow paths.

The physical stabilization of gypsiferous soil by increase compaction can be considered as a firm solution to improve the performance of problematic gypsiferous soils as it is cheaper than replacing fully or partly the sulfate bearing soil with a sulfate free soil on the site. In addition, the physical stabilization has no negative environmental effects as that resulting from using of fuel oil as a stabilizing agent. However, even if the chemical agents used to stabilize gypsiferous soil have minor negative environmental effects, its reaction with gypsum and hence the effect of this reaction on the behavior and performance of gypsiferous soils is still considered as the unknown factor. Therefore, it is advised that geotechnical engineers must investigate each case separately depending on the type of structure, characteristics of the site, environmental conditions coupled with the engineering judgment of the consultant taking into account the research findings on this topic.

The authors have recommended percentages of added gypsum or basanite to optimize some soil properties, it is advised that geotechnical engineers must investigate each case separately depending on the chemical composition of the soil as well as the particle size distribution of the soil and the added gypsum component and other influencing factors. As mentioned previously in this paper that gypsum may be added to weak non-gypsiferous soil in recommended quantities to improve its engineering performance, or on the other hand, gypsum may present naturally in the soil in high quantities and cause different structural problems.

In conclusion, adding gypsum to the soil will influence the swelling and heave characteristics of the soil based on the presence of other minerals and chemicals in the soil. In other words, the soil chemical composition plays the major role in controlling the heave and swelling characteristics of the soil when gypsum is added while the size of the added gypsum particles has a limited effect on this soil property. In general, according to the authors' point of view based on the research presented in this topic, adding of 6–10% gypsum to expansive clays will reduce the swelling and heave problems of these soils.

6. REFERENCES

Ahmed K. *Effect of gypsum on the hydro-mechanical characteristics of partially saturated sandy soil*. Geoenvironmental Research Centre, Cardiff School of Engineering, UK: Cardiff University; 2013.

Aldaood A, Bouasker M, Al-Mukhtar M. *Effect of long-term soaking and leaching on the behaviour of lime-stabilised gypseous soil.* Int J Pavement Eng 2014.

Ameta N., Parohit G., Wayal A. *Characteristics, problems and remdies of expansive soils of Rajashan, India*. Electron J Geotech Eng 2008.

Aziz H., Ma J. *Gypseous soil improvement using fuel oil.* Int Sci Index World Acad Sci Eng Technol 2011.

Fattah M, Al-Musawi H, Salman F. *Treatment of collapsibility of gypseous soils by dynamic compaction*. Geotech Geol Eng 2012.

Fisher M. *Amending soils with gypsum. Crops and soils magazine*. American Society of Agronomy; 2011.

Ganjian E, Sadeghi-Pouya H, Claisse P, Waddell M, Hemmings S, Johansson S. *Plasterboard and gypsum waste in a novel cementitious binder for road construction*. Concr Mag 2008.

Harris P, Von Holdt J, Sebesta S, Scullion T. *Recommendations for stabilization of high-sulfate soils in Texas.* Report 0-4240-3, Texas Transportation Institute, USA; 2005.

Hawkins AB, Pinches CM. *Expansion due to gypsum growth*. 6th International conference on expansive soils. New Delhi, India; 1987. p. 183–87.

Kamei T, Ahmed A, Shibi T. *Effect of freeze–thaw cycles on durability and strength of very soft clay soil stabilized with recycled bassanite.* Cold Reg Sci Technol 2012.

Kamei T, Ahmed A, Ugai K. *Durability of soft clay soil stabilization with recycled bassanite and furnace cement mixtures.* Soils Found 2013.

Keren R, Kreit JF, Shainberg I. *Influence of size of gypsum particles on the hydraulic conductivity of soil*. Soil Sci 1980.

Khan NA. *Influence of dilution and particle size on gypsum solubility of gypsiferous soils*. Sarhad J Agric Pak 1994.

Kobayashi M, Ahmed A, Ugai K. *Improvement properties of cohesion-less soil using recycled Bassanite*. J Civ Eng Archit 2013.

Kota PB, Hazlett D, Perrin L. *Sulfate-bearing soils: problems with calcium based stabilizers*. Transp Res Rec 2007.

Razouki SS, Kuttah DK, Abood M. *Design of gypsiferous fill for hot desert road pavements*. Proc Inst Civ Eng Constr Mater 2011.

7. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

HOW CAN SUSTAINABILITY ASSIST GEOTHERMAL ENERGY? A LITERATURE REVIEW PERSPECTIVE WEIGHTED ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOCUSED BY THE IMPACTS OF SOIL TYPES

Giovani Jordi Bruschi
Higor Vinícius Strapasson
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gio.bruschi@gmail.com I higor.strapasson@hotmail.com

Levino Bertochi Junior
Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC PR - Programa de Pós Graduação em Administração (PPAD) / Mestrando 2017
levinojunior@gmail.com

Gilson Francisco Paz Soares
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gilsonfps@uricer.edu.br

Abstract. *This article pledges with the state-of-the-art of geothermal energy for sustainable development carried out with reference to the sustainability impact and assessment framework. Draws upon a theoretical exposition, whose applied methodology was the desk-research, based on Congress proceedings, Digital Thesis Bank, as well as books dated from 2003 to 2017, holding as key-words sustainable energy, geothermal systems, soil influence, sustainable development. The sustainable development hunkers for the usability of sustainable energy systems. Yet, the manner in which a geothermal resource is used will predispose whether or not the utilization is sustainable. Energy usage is set to increase worldwide, and geothermal energy management for both electricity generation and heating will also increase significantly. The world's geothermal resources will need to be used in a sustainable manner. The sustainable utilization of geothermal energy represents a type of energy that can be originated and utilized in a form that is suitable for the prosperity of future generations as well as the environment. This article indulges a literature review of the interconnection between sustainable development and geothermal energy ontogenesis for electricity production. A review of the currently applicable sustainability assessment frame of reference is also presented. A diverse array of significant impacts ensues as the consequence of geothermal energy projects aiming electricity generation. The necessity for meticulous management impacts by dint of a custom-built sustainability appraisal framework is established and the foundation for sustainability survey framework for geothermal energy development is built.*

Keywords: *sustainable energy, geothermal systems, soil influence, sustainable development.*

1. INTRODUCTION

Energy is a preeminent generator of macroeconomic advancement, prosperity, and economic progress, a prerequisite for meeting basic human needs, while at the same time a source of environmental stress. One of the most important components of sustainable development is energy in itself. Contradistinctive energy types have contrasting impacts during their development. Pollutants are generated, emitted or conditioned – in all energy chains - from the resource extraction due to the provision of energy services.

The creation or assemble of energy systems present the capacity of generating emissions as well as wastes during the energy project's lifecycle. Fossil fuels have been broadly pledged for urban air pollution, regional acidification, and climate change. The nuclear power utilization has created innumerous concerns, such as the storage or disposal of high-level radioactive waste and the proliferation of nuclear weapons. Biomass usage in developing countries contributes to desertification and loss of biodiversity, as well as energy crop cultivation having significant impacts on food prices worldwide. Alternative renewable energy provenience such as hydro- and wind power have significant implications for land-use as well as significant ecosystem and visual impact.

In 2008, according to Mwangi (2010), geothermal energy expressed around 0.1% of the global primary energy stockpile, but projections point that it could fulfill around 3% of global electricity demand, as well as 5% of global heating demand by 2050. Geothermal energy can be seen as a continual energy source, but its ontogenesis is capable of

having substantial multi-dimensional sustainability impacts. In the electricity generation projects ambit, it is extremely important to guarantee the geothermal resources development in accordance with the sustainability patterns.

2. SUSTAINABILITY MANAGEMENT

In line with Kagel et al. (2005), sustainable performance is showed as a variable that is increasingly present in the business affairs. Thus, it is summarily important to improve the "green development" on the strategic planning. Thereby, the environmental issue related factors can be addressed in the design of a continuous improvement process which was emphasized, by a reasoned quality loop on the enterprise view of an organization connected to environmental aspects in the strategic action, from the perspective of continuous quality, displayed on Figure 1.

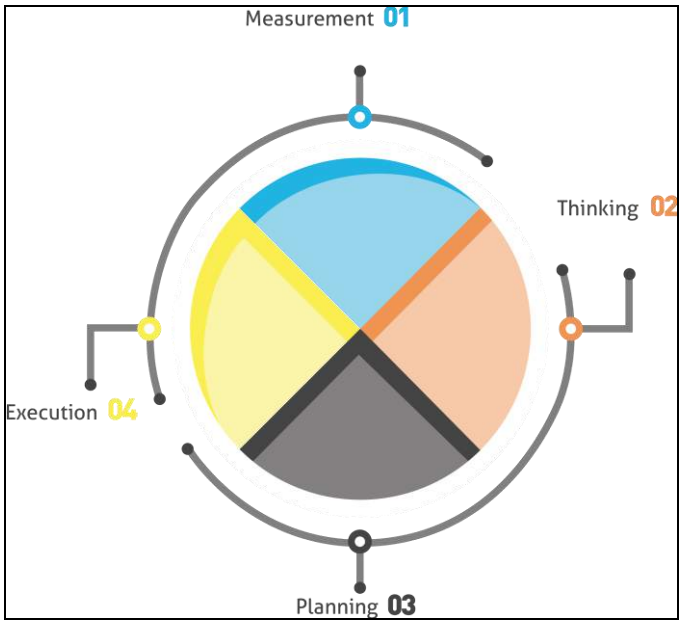


Figure 1. The Improvement Loop

Within a strategic approach, it is perceivable that the environment and its protection can be converted into opportunities to explore innovative markets, diminish expenses, and also, prevent the company from further restrictions on access to international sectors. According to Prosini et al. (2005), the selection of a corporation to receive foreign investment is straightforwardly associated with its international image on the environmental concern sector.

Nevertheless, a large proportion of companies has not understood the genuine necessity of a new corporate culture. Consequently, the environmental managements are considered an inherent activity in production factors, without considering the complexity level of the environmental variable.

According to Alanne (2006), it is possible to observe, that some companies solely care about the environmental issues because it is considered a successful business strategy to guarantee the continuity of the provider context of productive resources, making the employees feels involved/proud by the fad of belonging to an exemplary organization, and the products meet the required demand in the market.

In accordance with Armansson (2003), there is no finished model for ecological and economic progression. The models that are intended to support the predicates of business management, aimed at environmental management, must be elaborated in accordance to the geographic, climatic and regional particularities where companies are inserted, also considering the peculiarities of each business. Once in their social features, the enterprises present a set of unique and non-transferable cultural values. Every company has the ethical obligation to develop its own environmental management system, fulsomely satisfying the community in which they operate, regardless their consumer relation and/or input replacement. However, this should depart from basic elements that must be developed to achieve the desirable interests, which compose the corporate environmental responsibility.

Thereupon, it is imperative to enhance that no environmental strategy can be consider effective if the full support of the business community is inexistent. This support can be earned by the business community's awareness process related to preventive measures that propitiate a reduction on the potential environmental impacts and accidents level. These garments are profoundly related to the state knowledge, the organizational structure, and errors understanding/recognition (Shibaki, 2003).

Therefore, it could be explicit the comprehension that the evolution process of ecological values perceived by a particular company. It already exceeds the assumptions of a naïve minority consciousness, extrapolating a critical collective awareness to international levels, reproducing people associations that grew on preservationist stance,

harmful to sustainable development, positioning against the conservationist attitude that maintains productivity, employment creation and economic growth, essential features to the success of any serious management proposal committed to quality, productivity and most important the environment.

3. GEOTHERMAL ENERGY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

An egressing paradigm is presented on the sustainable energy aggrandizement, this defiance entangles the reduction of negative health and environmental impacts, whilst simultaneously increasing the energy access, affordability, security and the efficiency of energy usage. Evidencing the move into this contemporary archetype, energy policy directives of different industrialized countries incorporate common interests such as, the improvement of energy production efficiency, the insurance of a reliable supply, energy security and diversity, economic efficiency, support of research and development and regional partnerships for the development of more advanced technologies (Mwangi-Gachau, 2011).

A sustainable energy arrangement can be scrutinized as a cost efficient, reliable, and environmentally friendly system that effectively uses local resources and networks. Renewability and sustained yield of energy resources is generally agreed to be a necessary but not a sufficient requirement for sustainable energy development.

4. SUSTAINABILITY IMPACTS OF GEOTHERMAL DEVELOPMENT

Geothermal repercussion, due to its development, avails a variety of topical areas or themes. Aiming the highlight of multi-dimensional nature of the sustainable development, intersected keynotes, in accordance with the Commission for Sustainable Development Framework, are used to correlate the sustainability significance in association with geothermal energy aggrandizement. The approached thematic is divided into different items: poverty, health, education, natural hazards, demographics, atmosphere, land, freshwater, biodiversity, economic and consumption and production patterns (Wetangula, 2004).

The poverty subject comprehends the income poverty, income inequality, access to energy and living conditions, including improved access to drinking water. Geothermal projects have the capacity to cause diverse impacts - during their lifecycle - on per capita income levels for the areas in which they are implemented. The effects may be direct, such as increased salaries for new company employees, or indirect, such as increased income for suppliers of goods and services in the area or due to access to hot water and electricity (Fridleifsson 2007).

Matters as mortality, health care delivery and nutritional status, sanitation, and health status and health risks are enclosed on the health topic. First and foremost, access to electricity and high-temperature water ameliorates sterilization, water supply purification, and sanitation and also permits the refrigeration of essential medicines. In secluded sites, distant from the utility grid, small towns and accommodations such as hospitals and clinics could succedaneum the diesel generators with geothermal power plants, increasing access and reducing environmental problems.

In consonance with Dolor (2006), the education levels, as well as the literacy, are covered on the education theme. In developing countries, access to electricity - from any source - liberates time for children to attend schools since younger children are often expected to spend time on agricultural activities or collecting water and firewood. Modern energy systems are extremely attractive for qualified teachers, benefiting the community as a whole. The geothermal energy has the probability to be developed in small modular units, providing access to electricity in remote rural areas. To this extent, this energy can improve school attendance both by upgrading local economies and by provisioning means to electric lighting, making study at night as well as in the morning achievable. Geothermal energy may also increase e-learning and information access, augment the education quality access. Additionally, electricity can also provide better access to radio and television for certain groups, leading to improved access to information.

Referring to the demographics, it can be said that this matter studies issues relating to population, including cultural impacts. The maturity of geothermal energy may cause impacts on the culture of an area or the lives of indigenous people. Throughout the time, the geothermal energy development has shown a tendency to stabilize electricity supply and stimulate economic maturation - through increased employment or tourism - they may also carry negative social impacts such as loss of local culture resulting from resettlement or land acquisition or increased crime levels or the spread of contagious diseases (Armansson, 2003).

The natural hazards theme covers such issues as vulnerability to natural hazards and disaster preparedness and response. In agreement with Brotheridge (2003), specific endangerments are linked to geothermal energy projects in accordance with their location in seismically active areas and due to the potential of geothermal exploitation to cause changes in geological conditions. Studies in many high-temperature geothermal fields have shown that reinjection and exploitation can result in an increase (above the normal background) in the number of small magnitude earthquakes (micro-earthquakes) within the field.

The atmosphere theme collogues on issues such as climate change and air quality. As stated in Kristmannsdóttir, et al. (2003), emissions originated from geothermal energy plants can probably eventuate impacts in all of these areas considering that carbon dioxide (CO2), hydrogen sulfide (H2S), ammonia (NH3), volatile metals, minerals, silicates,

carbonates, metal sulfides, and sulfates may be emitted from geothermal plants, depending on site characteristics. Nevertheless, on average, geothermal energy produces less CO2, SO2 (oxidized from H2S,) and NOX than conventional fossil fuels.

The land theme covers such issues as land use, agriculture, and forests. The construction period and operation of geothermal projects can impact the soil and geological resources of a certain site. Land use requirements for geothermal projects range from 160 to 290 m2/GWhe/yr excluding wells and up to 900 m2/GWh/yr including wells. During the construction phase, impacts to soils and geologic resources are generally greater –due to the enlarged footprint - in comparison to the other phases of development. The soil, as a result of construction activities, can be compacted, reducing soil aeration, permeability and water-holding capacity may impact in the surface runoff, potentially originating increased sheet, rill, and gully erosion.

Geothermal projects implementation, with reference to Dunlevy et al. (2003), in forested areas, can convey to deforestation or impacts on the surrounding ecosystem. The forest ecosystems can be affected by innumerable chemical emission from the geothermal plant. The removal of forests can lead to changes in hydrological patterns of stream flows, which may impact on crop irrigation from local rivers. The deforestation of water assessments in proximity with geothermal fields has the capacity to negatively burden the recharge of the geothermal resource. The usage of geothermal energy may indicate positive implications for deforestation, healthy forests keep the rainwater from running off the land by allowing it to infiltrate the ground to reach these geothermal reservoirs. Nevertheless, manufacturers have become enlightened of the responsibility to protect the forests around project locations (source of geothermal power).

In the freshwater ambit, issues as water quantity and water quality are enlightened. The freshwater management, for geothermal developments, must not conflict with other freshwater necessities in water scarce regions. Approximately two-thirds of the world's geothermal resources are found in developing countries. Additionally, this energy technology generation possesses the aptitude to affect groundwater. Pursuant to Philippe (2010), the quality of groundwater may be affected during the plant operation by the percolation phenomenon.

In accordance with Allane, et al. (2006), the biodiversity proposition embraces culminations in the ecosystems and species range. The implementation of geothermal plants in protected sites may impact collectively on the ecology. Eco-friendly resources consist of greenery, animateness, as well as all the species and their habitats. Geothermal project activities (site clearing, road construction, and well drilling) can occasion habitat disarrangement. Habitat predication may be diminished or habitats may be fragmented. Piercing and seismic researchers can result in erosion, runoff, and noise, disturbing wildlife and affecting the breeding, foraging and migrating of certain species (BECKER, 2003). Topsoil erosion and seed bank depletion may occur, as well as a loss of native vegetation species or a loss of diversity.

In the economic development thematic macroeconomic performance, employment, research, development, and tourism are scrutinized. Geothermal energy projects have impacts on energy and economic security, employment rates and other economic sectors as well as research and development. In advance, the consumption and production arrangement matter reinforces issues as waste generation management and transportation and energy use.

5. DISCUSSION

In consonance with the numerous potential impacts of geothermal energy projects on sustainable development, embodied by the CSD sustainability themes, desirable characteristics of sustainable geothermal energy developments can be defined, in order to guide best practices in the planning and management of geothermal projects.

The desirable characteristics of sustainable geothermal energy developments could be identified. Summarizing, a sustainable geothermal project and its derived services should present the following characteristics: Result in positive social impacts: in areas such as reducing poverty, enhancing equality, health or education as well as ensure community safety; Be environmentally benign: the project should avoid, remedy or mitigate air or water pollution and biodiversity should be protected; Be economically and financially viable: the project should result in net positive economic benefits and be financially viable; Be renewable, efficiently produced and used; Be equitable and thus readily accessible, available and affordable.

The development of geothermal energy can cause significant environmental and socioeconomic repercussions. The positive geothermal development impacts occurrence should be ensured by all cost. In this regard, a systematically structured groundwork is required - aiming the guidance of the management impacts. Such framework should determine the maximization of the positive impacts and to avoid or ameliorate the negative impacts arising from geothermal projects. A scheme, based on sustainability indicators have been presented as the most suitable and efficient solution.

6. CONCLUSION

This paper has analyzed and contemplated the prevailing sustainability matters in geothermal developments and identified the desirable characteristics of sustainable geothermal development. The uniqueness of these issues and characteristics highlights the necessity for a sustainable assessment framework specifically for geothermal projects.

Distinctive mechanisms for apprising energy projects sustainability have been reviewed in this research, aiming the determination of the best scope for a sustainability assessment framework in geothermal energy projects. The complications and dilemmas reviewed in this project have the capacity to be used as a substratum for the creation of a customized assessment framework for geothermal electricity generation developments, for which suitable sustainability indicators will be identified in collaboration with stakeholder groups in several countries.

7. REFERENCES

Alanne K., Arto S. *Distributed energy generation and sustainable development*. Renew Sustain Energy Rev 2006;10:539–58.

Armansson H. *CO2 emissions from geothermal plants*. Proceedings of the international geothermal conference. Reykjavik; September 2003.

Barbara F., Dunlevy P. *Native American issues in geothermal energy.* Annual meeting of the geothermal resources council. Morelia, Mexico: GRC Transactions; 2003.

Becker H., Frank V. *The international handbook of social impact assessment: conceptual and methodological advances.* Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing; 2003.

Brotheridge J., Leniston M. *Potential environmental and social impacts of small scale rural geothermal development*. Proceedings of the world geothermal congress. Kyushu, Tohoku; 2000.

Dolor F. M. *Geothermal projects in national parks in the Philippines: the case of Mt. Apo geothermal project.* PNOC Energy Development Corpora- tion. San Salvador: UNU-GTP; 2006.

Fridleifsson B. *Geothermal energy and the millennium development goals of the United Nations*. Reykjavik, Iceland: United Nations University Geother- mal Training Program; 2007.

Kagel A, Gawell K. *Promoting geothermal energy: air emissions comparison and externality analysis*. Electr J 2005;18(7):90–9.

Kristmannsdóttir H, Ármannsson H. *Environmental aspects of geothermal energy utilization*. Geothermics 2003;32:451–61.

Mwangi M. *Environmental and socio-economic issues of geothermal development in Kenya*. Davis, CA: GRC Bulletin; 2010.

Mwangi-Gachau E. *Social aspects of geothermal development – a case of Olkaria geothermal project in Kenya.* Reykjavik, Iceland: United Nations Unviersity Geothermal Training Program; 2011.

Philippe J. *Seismic tomography and long-period earthquakes observation and modeling at the hengill geothermal volcanic complex.* Iceland. Proceedings of the world geothermal congress. Bali; 2010.

Prosini J, Anave S, Cala CL. *Geothermal energy development as a medium toward total community development: the Phillipine example*. In: Proced- ings of the world geothermal congress. Antalya; April 24–25, 2005.

Shibaki M, Beck F. *Geothermal energy for electric power: renewable energy policy project brief*. Washington: Renewable Energy Policy Project (REPP); 2003.

Wetangula G. *Assessment of geothermal waste water disposal effects, case studies: Nesjavellir (Iceland) and Olkaria (Kenya) fields.* Reykjavik, Iceland: UNU-GTP, University of Iceland; 2004.

8. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO GESSO RECICLADO PARA EMPREGO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

João Alberto Cechetti[1]
joaoacechetti@hotmail.com

Beatriz Schimelfenig[1]
beatrizschimelfenig@gmail.com

Francine Padilha[1]
francine.padilha1609@gmail.com

Profª Drª Cristina Vitorino da Silva[1]
cristina@uricer.edu.br
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim

Resumo. *A busca por técnicas econômicas e viáveis e por novos produtos que possam reduzir a quantidade de resíduos gerados diariamente vem crescendo, onde a sustentabilidade passa a ser uma preocupação geral e não mais só por parte dos ambientalistas. Nesta lógica, a construção civil por ser um dos setores que mais gera resíduo, tem um grande espaço a ser estudado, podendo oferecer novas possibilidades de reciclagem e reutilização de materiais ao mercado produtivo. Uma das alternativas de reaproveitamento destes resíduos é buscar reinserir os resíduos de placas de forros e molduras de gesso, provenientes das sobras e dos descartes por mau uso. Nesta pesquisa foram determinadas propriedades físicas do gesso reciclado, tendo como comparativo o próprio gesso convencional e especificações que a literatura traz. As propriedades foram avaliadas considerando alguns parâmetros como o tempo de calcinação (6 h e 8 h), a temperatura de calcinação (175 °C e 200 °C) e os teores de substituição de gesso reciclado (50% e 75%). Conclui-se que o gesso reciclado pode ser substituído parcialmente por gesso convencional, pois para as análises realizadas, os resultados mostraram coerência e podem ser comparados aos valores normativos.*

Palavras Chave: *Reciclagem; Resíduos de Gesso; Propriedades Físicas.*

1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa enfatiza a sustentabilidade e busca avaliar a viabilidade de reciclar e reutilizar os resíduos de gesso oriundos da construção civil. Este modelo de estudo que foi desenvolvido poderá ter possibilidades de recuperação deste material, podendo ser usado como substituição do gesso convencional.

A preocupação com o meio ambiente e a necessidade da criação de novas tecnologias ecologicamente viáveis está difundindo-se ano após ano em nosso meio, onde esta visa um desenvolvimento positivo, em que se possa reaproveitar o material sem comprometer os recursos naturais para as futuras gerações. Com o aumento da população, e por consequente aumento da demanda imobiliária, é decisivo a adoção de novas estratégias que visem a redução e reutilização de resíduos da construção civil.

Os resíduos da construção civil representam significativamente os resíduos sólidos urbanos, onde, parte destes resíduos é oriundo de demolições, principalmente do desperdício de materiais nos canteiros de obra. Dentre os inúmeros materiais utilizados no setor da construção civil no Brasil, o gesso representa cerca de 5% do total destes resíduos, o que só tende a aumentar (Brasil, 2009), devido ao fino acabamento e baixo custo de produção desse material.

Podemos observar mudanças neste senário a partir da Resolução n° 431 (CONAMA, 2011), em que esta ideia de reaproveitamento do resíduo de gesso se intensificou, pois tal Resolução passa a tratar o gesso como Classe B, ou seja, como resíduos recicláveis para outras destinações, este que até anteriormente era classificado como Classe C, onde não havia viabilidade de reciclagem e reutilização (CONAMA 307, 2002).

Portanto, devido ao significativo desperdício e pela busca da preservação do meio ambiente, os resíduos provenientes do gesso da construção civil apresentam-se como um material com potencial de reaproveitamento para a cadeia produtiva da construção civil, sendo este o propósito principal desta pesquisa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste trabalho foram escolhidos baseando-se na empregabilidade dos mesmos na região de Erechim-RS. Os métodos e etapas de preparação do gesso reciclado seguiram as normas que regem os ensaios.

2.1 Gesso convencional e gesso reciclado

O gesso comercial utilizado foi o gesso de fundição (tipo A), o qual é um gesso com alta qualidade, composto basicamente por um hemidrato (beta). O mesmo deve ser utilizado na produção industrial ou artesanal de componentes pré-moldados de gesso, destinados à construção civil, como blocos e placas, ou elementos decorativos, dentre eles estatuetas e imagens. O gesso de fundição é embalado em sacos de papel, contendo 40 kg.

Este gesso foi utilizado parcialmente em todas as combinações de gesso e como totalidade para o gesso referência.

O gesso reciclado utilizado neste trabalho é proveniente de resíduos de molduras e placas de forro de gesso, coletado na cidade de Erechim - RS.

2.2 Coleta dos resíduos

A coleta dos resíduos de gesso foi a primeira etapa a ser realizada. O material em estudo foi coletado em obras da cidade de Erechim - RS, sendo proveniente de restos de molduras de gesso e de placas de forro de gesso.

Estes resíduos podem ser originados de demolições ou de restos de gesso oriundos de cortes de obras novas ou desperdício de placas e molduras devido ao mau uso.

2.3 Trituração e moagem

A transformação do resíduo de gesso bruto, obtidos em obras localizadas na cidade de Erechim – RS, para pó de gesso passaram por três etapas: britagem manual, trituração mecânica e moagem.

A primeira etapa que demanda da britagem manual, foi feita a fim de reduzir o tamanho dos resíduos de placas de gesso e de molduras, onde para essa etapa o material utilizado foi um martelo de ferro e bandejas de plásticos para armazenar o resíduo.

A segunda etapa contou com a trituração mecânica, onde com a ajuda de um britador de resíduos foi possível reduzir significativamente as dimensões das partículas. Este britador é um britador de impacto, onde pode-se regular o espaçamento entre as mandíbulas, fazendo com que passe apenas o material com dimensões inferiores a este espaçamento, a distância deixada entre as mandíbulas foi de 1,2 cm quando recuadas e de 0,5 cm quando impactadas.

O último procedimento para reduzir as dimensões das partículas de gesso reciclado foi o de moagem, onde após o material passar pela etapa dois foi submetido ao moinho de bolas. Esse procedimento contou com um tempo de moagem de 5 horas, onde cada jarro (dois) do moinho de bolas continha 2 kg de gesso e 1 kg de esferas, tendo uma relação esfera/gesso de 0,5. A relação esfera/gesso e o tempo de moagem foram escolhidos seguindo critérios de bibliografias relacionadas ao estudo proposto (Nascimento; Pimentel, 2010).

2.4 Calcinação do gesso reciclado

O processo de calcinação foi feito apenas para o gesso reciclado, onde após passar pela etapa de moagem foi submetido a esse procedimento. O material foi separado em quatro frações iguais com 1 kg de material armazenado em fôrmas de alumínio às quais foram levadas para duas estufas, onde uma das estufas foi mantida em uma temperatura de 175 °C e a outra em 200 °C. Dessa maneira foram duas fôrmas para cada estufa, onde após 6 horas de calcinação foi retirada apenas uma fôrma, deixando o material em repouso por 10 minutos e após, sendo armazenado em sacolas plásticas para impedir a entrada de umidade. As outras duas fôrmas restantes permaneceram por mais 2 horas com as suas temperaturas respectivas, totalizando um tempo de 8 horas em estufa, onde após sua retirada foi feito o mesmo processo de repouso por 10 minutos e na sequência o seu devido armazenamento.

2.5 Homogeneização do gesso reciclado com o gesso convencional

A etapa de homogeneização foi a última etapa antes de iniciar os ensaios, onde a mesma demandou das porcentagens de substituição já citadas de gesso convencional por gesso reciclado. Nessa fase foram obtidos oito tipos diferentes de gesso:

Gesso 1 = 6 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 50% de gesso reciclado;
Gesso 2 = 6 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 50% de gesso reciclado;
Gesso 3 = 6 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 75% de gesso reciclado;

Gesso 4 = 6 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 75% de gesso reciclado;
Gesso 5 = 8 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 50% de gesso reciclado;
Gesso 6 = 8 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 50% de gesso reciclado;
Gesso 7 = 8 horas de calcinação a temperatura de 175 °C com 75% de gesso reciclado;
Gesso 8 = 8 horas de calcinação a temperatura de 200 °C com 75% de gesso reciclado.

Seguindo as etapas, ainda se tem o gesso sã, o qual não conta com nenhum teor de substituição, finalizando com o nono tipo de gesso. Após todas as etapas de preparação finalizadas, todas as amostras serão submetidas aos ensaios propostos nessa pesquisa.

2.6 Massa unitária

O ensaio de massa unitária foi realizado conforme as recomendações da NBR 12127 – Gesso para construção Civil: Determinação das propriedades físicas do pó (ABNT, 2017), onde segundo a norma, primeiramente deve ser feito uma preparação da amostra, passando o material em estudo em uma peneira de abertura 2,0 mm, conforme já mencionado no item anterior.

Para este ensaio é necessário um funil cônico sobre um tripé, um recipiente de medida (que será onde ficará acondicionado o material para pesagem) e uma balança com precisão mínima de 0,1 g. O procedimento é de simples execução, onde posiciona-se o recipiente de medida bem ao centro do funil respeitando as medidas de altura descritas na norma, e por fim, pouco a pouco, vai se preenchendo o recipiente. Após seu preenchimento é necessário rasar a superfície do mesmo com cuidado para não compactar o gesso nele contido e na sequência pesa-se o material. O resultado para esse parâmetro é obtido através da equação (1).

$$Mu = \frac{m}{Vr} \quad (1)$$

Mu = massa unitária, em quilogramas por metro cúbico (g/cm³);
m = massa do gesso em gramas (g);
Vr = volume do recipiente, em centímetro cúbico (cm³).

2.7 Massa específica

A massa específica foi caracterizada pela razão entre a massa do sólido e o volume ocupado pelo mesmo. A determinação Da massa específica é realizada com base na norma NBR NM 23 – Cimento Portland e outros materiais em pó: Determinação da massa específica (ABNT, 2001). Neste ensaio foi utilizado o Frasco de Le Chatelier para a determinação desta propriedade através da diferença de volume, em que um determinado líquido (neste caso foi utilizado querosene) é introduzido no frasco e tem seu volume medido. Após, a massa previamente conhecida de gesso é colocada neste frasco e a variação de volume da mistura é determinada.

Desta forma, para encontrar a massa específica de cada gesso foram feitos dois ensaios cada amostra e aplicados os valores encontrados na equação (2).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

ρ = é a massa específica do material, em gramas por centímetro cúbico (g/cm³);
m = é a massa do material ensaiado, em gramas (g);
V = é o volume deslocado pela massa do material (V2 - V1), em centímetros cúbicos (cm³);

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante das diferentes composições de gesso geradas entre combinações de temperaturas de calcinação em diferentes tempos e de substituições do gesso convencional por gesso reciclado foram determinadas algumas das propriedades físicas do pó, sendo estas a massa unitária e a massa específica.

3.1 Massa unitária

Os valores encontrados no ensaio de massa unitária são os apresentados nas Tab. 1.

Tabela 1. Resultado dos ensaios de massa unitária.

Gesso	Massa Unit. Méd. (kg/m³)	DP	CV (%)
Gesso 1	549,30	6,65	1,21
Gesso 2	554,21	9,44	1,70
Gesso 3	511,23	8,60	1,68
Gesso 4	542,05	9,56	1,76
Gesso 5	553,49	10,16	1,84
Gesso 6	562,20	6,16	1,10
Gesso 7	516,96	0,99	0,19
Gesso 8	521,78	7,73	1,48
Gesso sã	585,54	5,03	0,86

Observando os valores da Tab. 1, nenhuma das composições atende as especificações da NBR 13207 (ABNT, 1994), na qual a exigência é de 700 kg/m³. Ou seja, segundo este parâmetro os gessos não atendem aos requisitos da classificação como gesso para fundição, inclusive o gesso sã, que deveria estar com suas características iguais ou superiores aos exigidos na norma.

De acordo com os resultados obtidos neste ensaio através de análise estatística os gessos com teores de substituição de 50% tiveram um decréscimo de 5,24%, já os gessos com 75% decresceram 10,68% em relação ao gesso sã, comprovando que quanto maior o teor de substituição menor será sua massa unitária. Em comparação aos tempos de calcinação as variações foram semelhantes, onde, para o tempo de 6 horas, houve uma queda de 7,91% e para 8 horas 8,01%. Por fim, em relação às temperaturas, notam-se variações mais relevantes, em que, para 175 °C houve um decréscimo de 9,01% e para 200 °C um decréscimo de 6,91%.

Levando-se em conta outros critérios estatísticos, como o coeficiente de variação (CV), é notável para todas as amostras valores menores que 5%, o que nos mostra que os resultados encontrados apresentaram baixa variabilidade.

Ebrs (2015) apresenta valores de massa unitária para gessos reciclados calcinados a temperaturas de 180 °C e 200 °C, respectivamente, de 531,23 kg/m³ e 529,78 kg/m³, ou seja, os valores descritos pelo autor são próximos aos encontrados nesta pesquisa. Cabe lembrar que estes valores são de amostras sem nenhuma porcentagem de substituição, mas pelo fato dos resultados encontrados neste estudo apresentarem teores de gesso sã, e neste caso este gesso não apresentou bons resultados de massa unitária, os valores citados pelo autor podem ser tomados para fins de comparação.

Uma das razões da massa unitária estar abaixo dos padrões exigidos pela norma pode ser o fato da presença do gesso sã, uma vez que o mesmo não satisfaz as necessidades exigidas, sendo que algumas amostras contêm 50% e em outras 25%.

Mesmo com os valores ainda não tratados estatisticamente, pode-se notar que o teor de substituição influencia nos resultados, como já era esperado, ou seja, quanto maior o teor de substituição menor é sua massa unitária.

Como essa propriedade tem relação direta com o tamanho dos grãos, quanto maior a substituição do gesso convencional por gesso reciclado tem-se grãos maiores, gerando, então, um maior índice de vazios, o que pode estar relacionado com a moagem do aglomerante, onde na indústria o produto tem um controle de qualidade desse processo, comparando-se a moagem realizada em laboratório.

Supõe-se que seria possível obter essa propriedade conforme a norma, se primeiramente o gesso sã estivesse satisfazendo essa necessidade, e caso fosse utilizado mecanismo próprio para redução do tamanho das partículas, como um moinho de cilindros industrial.

3.2 Massa específica

Os valores encontrados no ensaio de massa específica estão dispostos na Tab. 2. Estes valores são das duas determinações exigidas pela norma.

Tabela 2. Resultados dos ensaios de massa específica.

Gesso	Massa Esp. Méd (g/cm³)	DP	CV (%)
Gesso 1	2,56	0,010	0,39
Gesso 2	2,55	0,010	0,39
Gesso 3	2,54	0,010	0,39
Gesso 4	2,545	0,005	0,20
Gesso 5	2,57	0,010	0,39
Gesso 6	2,56	0,000	0,00
Gesso 7	2,545	0,015	0,59
Gesso 8	2,53	0,010	0,40
Gesso Sã	2,64	0,000	0,00

De acordo com os resultados obtidos para este ensaio, nota-se que para todas os fatores de controle, os percentuais se assemelham, não podendo afirmar qual destes fatores teve uma influência determinante. Para os gessos com 50% de substituição houve um decréscimo em relação ao gesso sã de 3,03%, já para 75% uma redução de 3,79%. Para os tempos de calcinação de 6 horas e 8 horas foram observados quedas na massa específica de 3,46% e 3,36%, respectivamente. Quanto às temperaturas de 175 °C e 200 °C, valores de decréscimos na massa específica respectivos a, 3,27% e 3,55%.

Para fins estatísticos, se observamos o CV das amostras, podemos verificar que seus valores são baixos, não chegando nem a 1 %, mostrando que os resultados encontrados apresentaram baixa variabilidade.

Através dos resultados obtidos podemos observar que todos os valores encontram-se entre os intervalos descritos por Gypsum (2005) e Bauer (2001), respectivamente, a 2,31 g/cm³ e 2,7 g/cm³.

4. CONCLUSÃO

Ao avaliar as propriedades físicas do pó, sejam elas, massa unitária e massa específica, pode ser observada uma redução dessas propriedades, quanto maior o teor de substituição, menor é seu valor comparativo ao gesso referência e às normativas. Podendo ser observado também, que os tempos e temperaturas de calcinação causam influência nas variáveis mencionadas.

Com os valores já encontrados, conclui-se, então, que o gesso reciclado pode ser substituído parcialmente por gesso convencional, pois nos três ensaios já executados, seus resultados mostram coerência e podem ser comparados aos valores normativos.

5. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. NBR 12127: Gesso para construção civil - Determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. NBR 13207: Gesso para construção civil. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

Bauer, L. A. F., 2001. “Materiais de Construção”. 5 ed. Vol.1. revisada. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. (1979).

Brasil, 2009. “Departamento Nacional de Produção Mineral. Ministério de Minas e Energia. Anuário mineral brasileiro 2009”. Brasil: DNPM.

CONAMA, 2002. “Resolução n°. 307: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil”. p. 95-96.

CONAMA, 2011. “Resolução n°. 431: Estabelecendo nova classificação para o gesso”. p. 123.

Erbs, A., 2015. Determinação das propriedades físicas e mecânicas do gesso reciclado proveniente das chapas de gesso acartonado. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 92 f.

Gypsum - CaSO4·2H2O, 2005. *Mineral Data Publishing*. version 1.

Nascimento, F. J. de F.; Pimentel, L. L., 2010. "Reaproveitamento de Resíduo de Gesso". In: XV Encontro de Iniciação Científica da PUC-CAMPINAS, 2010, Campinas, Brasil.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

IDÊNTIFICAÇÃO DAS INCOMPATIBILIDADES ENTRE PROJETOS E SUA INFLUÊNCIA NA EXECUÇÃO - ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS.

Julio Cesar Luppi
Daiane De Sena Brisotto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI – Campus II - Erechim - RS
luppi.engenharia@gmail.com
daiabrisotto@uricer.com.br

Resumo: *O elevado índice de desperdício na construção civil, seja de materiais ou mão de obra, acaba reduzindo significativamente o lucro esperado para os empreendimentos. A falta de compatibilidade entre projetos têm influência direta nos custos da edificação, já que tem como consequência retrabalhos em obra, desperdício de materiais e redução na qualidade final da mesma. O objetivo principal deste trabalho foi identificar e analisar as falhas oriundas da falta de compatibilização entre os projetos complementares de uma edificação de múltiplos andares, sendo analisados o projeto estrutural, hidrossanitário e elétrico. Com base no estudo de caso realizado, são apresentados relatórios das incompatibilidades encontradas durante o processo de análise, onde são mostradas as principais causas e consequências de cada incompatibilidade. No presente estudo, a maior parte das incompatibilidades ocorreu entre as disciplinas do projeto estrutural e hidrossanitário, representando um percentual de 94,9% das incompatibilidades encontradas. O presente trabalho foi elaborado com o intuito de conscientizar as empresas e profissionais sobre a importância da compatibilização entre projetos, mostrando de forma clara os empecilhos encontrados para a compatibilização e suas vantagens.*

Palavras-chave: *construção civil, compatibilização, projeto.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o mercado da construção civil vem se tornando cada vez mais concorrido, fazendo com que as empresas e profissionais busquem sistemas mais eficazes de construção para se diferenciar no mercado e melhorar a qualidade dos serviços prestados. A compatibilização de projetos vem como um diferencial no mercado, tendo como principal objetivo a integração entre os projetos executivos da edificação, tornando possível prever interferências e incompatibilidades ainda na fase de projeto, podendo adotar soluções mais eficazes, proporcionando um padrão de qualidade elevado na entrega dos serviços, otimizando custo e tempo.

Mesmo sabendo da importância da compatibilização entre os projetos, a maioria das empresas não adota este sistema, pensamento de curto prazo que gera retrabalhos, atrasos e até mesmo manutenções futuras que seriam desnecessárias, e gerando consequentemente uma redução significativa no lucro esperado. Uma das principais consequências de não se aderir a esta política, é o aumento dos custos devidos às demolições, retrabalhos, atrasos no cronograma e a baixa qualidade na execução dos serviços, além de aumentar as chances de ocorrem manifestações patológicas.

Normalmente os projetos têm sido tratados pelas empresas de construção como uma atividade secundária, que é via de regra, delegada a projetistas independentes, contratados por critérios preponderantemente de preço do serviço. Outra característica dos projetos no setor é que eles são orientados para a definição do produto sem considerar adequadamente a forma e as implicações quanto à produção das soluções adotadas. Mesmo as especificações e detalhamentos de produto, muitas vezes, são incompletas e falhas, sendo resolvidas durante a obra, quando a equipe de produção acaba decidindo sobre determinadas características do edifício não previstas em projeto (AVILA, 2011).

2. A IMPORTÂNCIA DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Na compatibilização os projetos de diferentes disciplinas são sobrepostos para verificar as interferências físicas e geométricas entre eles, e evidenciar os problemas para que a coordenação possa agir buscando soluções que atendam as necessidades do empreendimento. Além disso, ele ainda reforça que a compatibilização funciona como uma malha fina, na qual os possíveis erros podem ser detectados ainda na etapa de projeto. A atividade começou de forma modesta, com a compatibilização dos projetos pelas empresas construtoras após eles estarem prontos, sem que houvesse grandes

investimentos para melhoria de soluções. Os projetos eram sobrepostos e eventuais distorções eram corrigidas. Apesar do avanço obtido, comparativamente ao processo de projeto tradicional, era necessário integrar os agentes desde a concepção do projeto e não após o seu termino, podendo assim propor soluções que resultassem no melhoramento do processo e obtivessem projetos mais compatíveis com a realidade da edificação (MELHADO; 2005).

Se implantada durante a elaboração dos projetos, a compatibilização permite a retroalimentação das etapas, corrigindo e propondo novas soluções com o aumento da eficiência e maior lucratividade. Desta maneira a elaboração de trabalhos futuros terá uma redução de dúvidas e incertezas construtivas. O estudo das incompatibilidades entre os projetos possibilita resultados mais satisfatórios quanto à qualidade dos projetos, por conta de sua eficácia, onde importantes decisões corretivas podem ser tomadas para o aperfeiçoamento e a melhoria continua do sistema projetual e de execução (CALEGARRI; 2007).

Pode-se observar tanto na execução quanto no gerenciamento da maior parte das construções habitacionais, a predominância de um sistema informal. Não há, entre as várias equipes participantes do processo, a integração mínima e necessária para racionalizar os procedimentos de implantação do projeto. Assim, o arquiteto desenvolve o projeto de arquitetura, com base no qual o engenheiro de estruturas lança e calcula a estrutura e, por sua vez, os engenheiros de instalações (elétrica, hidrossanitária, telecomunicações, etc.) elaboram o projeto de sua especialidade (LIMMER;1997).

Nascimento (2015) salienta que cada profissional desenvolve seu trabalho conforme sua percepção, sem trocar informações com os demais integrantes do processo de criação, pois essa troca demanda tempo, que já é escasso e custa carro. Neste momento começam a surgir às incompatibilidades de projeto, que só virão à tona durante a execução da obra. Como exemplo pode-se citar obras espalhas por todo o país, onde temos tubulações atravessando vigas e ou cruzando lajes (onde certamente serão amassados ou danificados, tornando-se inúteis como condutores); pilares e vigas que formam nichos indesejáveis ou obrigam a um engrossamento das paredes, cotas erradas ou editadas que exigem retrabalhos, havendo até mesmo casos de inversão da planta em relação ao terreno.

3. METODOLOGIA

Para a análise das incompatibilidades foram criados quadros relacionando os principais elementos de cada disciplina, onde foi realizada uma conferência direta de cada ponto, levando em conta interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes. Nestes quadros também são indicadas as possíveis causas de cada incompatibilidade, assim como as principais consequências causadas. A verificação das incompatibilidades foi realizada a partir da sobreposição digital das plantas baixas das diferentes disciplinas de projeto em plano 2D, sendo que cada incompatibilidade foi identificada com simbologia própria para facilitar a análise.

3.1 Caracterização da obra

Com o objetivo de avaliar as consequências geradas pela falta de compatibilização entre os projetos complementares, foi realizado uma análise das incompatibilidades entre os projetos, estrutural, hidrossanitário e elétrico de uma edificação de fins residencial e comercial, situada no centro da cidade de Erechim-RS, sendo que o empreendimento encontravasse em fase de execução das instalações hidrossanitárias e elétricas.

A edificação possui uma área total de aproximadamente 2.603,89 m², sendo que desta área 1.578,63 m² já se encontram construídos e em utilização. Desta forma, a área estudada foi a de ampliação da edificação que é de 1.025,26 m². A área construída é composta de três pavimentos, sendo dois subsolos e o pavimento térreo. A finalidade dos subsolos é de deposito de mercadorias e garagens, e o pavimento térreo é formado por uma única sala comercial. Quanto à área a ser estudada, esta é composta por dois pavimentos tipo (2º e 3º pavimento), sendo cada pavimento formado por dois apartamentos; um outro pavimento (4º pavimento) formado por um apartamento mais um salão de festas; um pavimento de cobertura e casa de máquinas (5º pavimento) e, por último, um pavimento para o reservatório (6º pavimento).

A estrutura do edifício é em concreto armado, formada por pilares, vigas e lajes treliçadas, alvenarias de vedação internas e externas em bloco cerâmico revestidas com argamassa. As demais instalações seguem padrões usuais regionais e exigidos pelas concessionárias.

3.2 Análise das incompatibilidades entre o projeto estrutural e projeto hidrossanitário

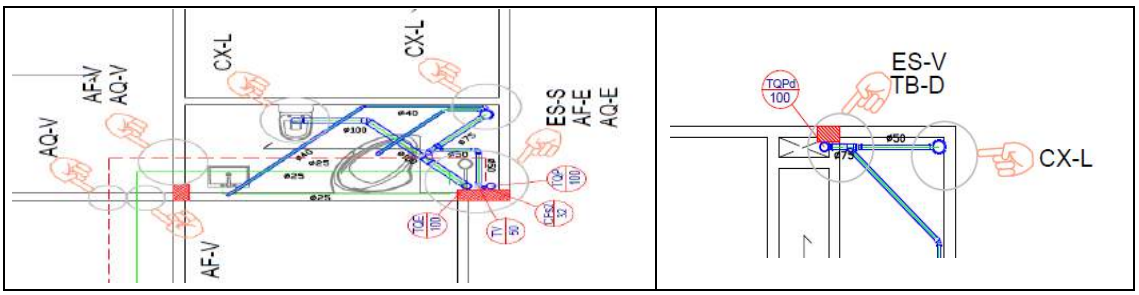
O Através da verificação das incompatibilidades entre os elementos estruturais e hidrossanitário da edificação, foi realizada a análise das interferências físicas e funcionais através dos elementos conflitantes, conforme descrito no Quadro 1.

Elemento da Estrutura	Elemento da Instalação Hidrossanitária	Interferências Físicas/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Pilares	Água Fria	- Ponto para chuveiro posicionado na face do pilar.	- Não observância dos elementos estruturais.	-O chuveiro terá que ser relocado, alterando o projeto arquitetônico.
	Esgoto	- Compatível	-	-
	Água Quente	- Ponto para chuveiro posicionado na face do pilar.	- Não observância dos elementos estruturais.	- O chuveiro terá que ser relocado, alterando o projeto arquitetônico.
Vigas	Água Fria	- Ausência de passagens nas vigas	- Não levado em consideração o projeto hidrossanitário.	- Aumento do custo devido abertura na viga. - Gera entulhos na obra. - Dificuldades de execução.
	Esgoto	- Ausência de passagens nas vigas	- Não levado em consideração o projeto hidrossanitário.	- Aumento do custo devido abertura na viga. - Poderá comprometer a resistência do elemento estrutural. - Gera entulhos na obra. - Dificuldades de execução.
	Água Quente	- Ausência de passagens nas vigas	- Não levado em consideração o projeto hidrossanitário.	- Aumento do custo devido abertura na viga. - Gera entulhos na obra. - Dificuldades de execução.
Lajes	Água Fria	- Incompatibilidade quanto ao volume dos reservatórios	- Falta de comunicação entre os projetistas	- Riscos a segurança da estrutura
	Esgoto	- Ausência de shafts para as decidas; - Ausência de passagem para canos, ralos e caixas. - Tubo de queda descendo pelo *shaft* da lareira.	- Não levado em consideração o projeto hidrossanitário.	- Aberturas e sobrecargas de alvenarias em locais não previstos pelo projeto estrutural. - Aumento do custo devido abertura na laje. - Gera entulhos na obra. - Dificuldades de execução.
	Água Quente	- Compatível	-	-

Quadro 1 – Análise de Incompatibilidade – Estrutural x Hidrossanitário.

No Quadro 1 pode-se observar as incompatibilidades entre os elementos conflitantes através de uma análise direta entre os elementos da estrutura (pilares, vigas e lajes) e os elementos das instalações hidrossanitárias (água fria, esgoto e água quente). Na Fig. 1(a) é possível observar diversos problemas de incompatibilidade, tais como: o mau posicionamento do ponto para o chuveiro que ficou na face de um pilar, inviabilizando as instalações; nas vigas não foram previstas passagens para as tubulações de água fria, esgoto e água quente; a falta de *shafts* nas lajes para passagem das decidas de esgoto; falta de nichos para a instalação de pontos de coleta e ralos. Já na Fig. 1(b) é possível observar que o projetista esta prevendo uma decida de esgoto passando por dentro do *shaft* destinado à lareira. Estas incompatibilidades se deram principalmente pelo desconhecimento de cada projetista em relação aos projetos das demais especialidades.

Durante o processo de análise notou-se também uma incompatibilidade funcional de grande importância e que pode inclusive colocar em risco a segurança da estrutura, uma vez que no projeto estrutural estão sendo previstos dois reservatórios de água de 2.000 litros cada, e o projeto hidrossanitário está dimensionado com dois reservatórios de 7.500 litros cada, falha que se deu principalmente pela falta de comunicação entre os projetistas envolvidos.



(a) (b)

Figura 1 – Incompatibilidades entre Projeto Estrutural x Hidrossanitário.

No geral, em cada pavimento tipo foi possível detectar uma grande quantidade de incompatibilidades, conforme relacionado na Tab.1

Tabela 1 – Quantidade de Incompatibilidades – Estrutural x Hidrossanitário.

Incompatibilidade	Quantidade
Pontos de água fria coincidindo com elementos estruturais	5
Pontos de água quente coincidindo com elementos estruturais	5
Ausência de passagens em vigas para tubulações de água fria	41
Ausência de passagens em vigas para tubulações de esgoto	25
Ausência de passagens em vigas para tubulações de água quente	24
Ausência *shafts* para passagem das descidas de esgoto	18
Ausência de nichos para instalação de coletores, ralos e caixas na laje	82
Passagem de tubulações por locais desapropriados	5
Volume do reservatório considerado para o cálculo estrutural	2

Todas estas incompatibilidades poderiam ter sido resolvidas ainda na fase de projeto, com a compatibilização entre os mesmos. Seria possível ter previsto na estrutura aberturas nas lajes e vigas, evitando assim demolições depois da estrutura pronta, entulhos na obra, custos desnecessários com o desperdício de energia, bem como sido considerado o carregamento para o fechamento dos *shafts.*

3.3 Análise das incompatibilidades entre o projeto estrutural e projeto elétrico

No Quadro 2 pode-se observar as incompatibilidades entre os elementos da estrutura (pilares, vigas e lajes) e os elementos da instalação elétrica (água fria, esgoto e água quente). A incompatibilidade encontrada entre estes projetos foi uma linha de luminárias coincidindo com uma das vigas da laje de forro, como pode ser visto na Fig. 2. Esta incompatibilidade deu-se principalmente pela falta de comunicação e troca de informações entre os projetistas, pois possivelmente o projeto estrutural não foi levado em consideração para a elaboração do projeto elétrico. Tal incompatibilidade irá forçar a realocação e o aumento da quantidade de luminárias, gerando mais custos com compra de material e mão de obra, além da possibilidade de adotarem soluções improvisadas na obra, sem a consulta do engenheiro eletricista responsável.

Elemento da Estrutura	Elemento das Instalações Elétricas	Interferências Físicas/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Pilares	Iluminação	- Compatível	-	-
	Tomadas	- Compatível	-	-
	Interruptores	- Compatível	-	-
Vigas	Iluminação	- Luminárias em conflito com vigas no salão de festas.	- Falta de comunicação entre os projetistas. - Não considerado o projeto estrutural para elaboração do projeto elétrico.	- Redistribuição das luminárias. - Aumento do numero de luminárias. - Aumento de custos.
	Tomadas	- Compatível	-	-
	Interruptores	- Compatível	-	-
Lajes	Iluminação	- Compatível	-	-
	Tomadas	- Compatível	-	-
	Interruptores	- Compatível	-	-

Quadro 2 – Análise de Incompatibilidade – Estrutural x Elétrico.

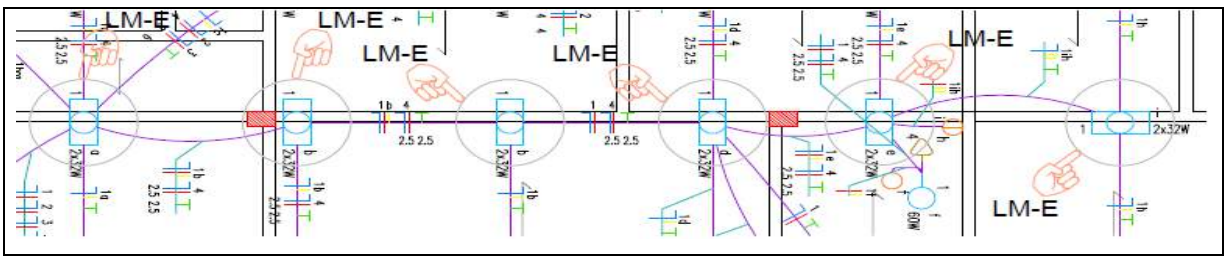


Figura 2 – Incompatibilidades entre Projeto Estrutural x Elétrico.

Na Tab. 2 é mostrada a quantidade de incompatibilidades encontradas entre os projetos estrutural e elétrico.

Tabela 2 – Quantidade de Incompatibilidades – Estrutural x Elétrico.

Incompatibilidade	Quantidade
Luminárias em conflito com elementos da estrutura	6

3.4 Análise das incompatibilidades entre o projeto hidrossanitário e projeto elétrico

O Quadro 3 mostra que não houve incompatibilidades físicas significativas entre os projetos de instalações hidrossanitárias e instalações elétricas, porém notou-se uma incompatibilidade funcional significativa, conforme podemos visualizar na Fig. 3. Em um dos banheiros de cada apartamento, os pontos de água fria e água quente estão posicionados em uma parede e o ponto de energia em outra, o que acaba inviabilizando a instalação do equipamento, criando transtornos futuros, além de gastos desnecessários com retrabalhos, já que um dos pontos terá que ser relocado.

Elemento das Instalações Elétricas	Elemento das Instalações Hidrossanitárias	Interferências Físicas/Funcional (Falha)	Causa	Efeito
Iluminação	Água Fria	- Compatível	-	-
	Água Quente	- Compatível	-	-
	Esgoto	- Compatível	-	-
Tomadas	Água Fria	- Divergência entre o ponto de instalação do chuveiro.	- Falta de comunicação entre os projetistas	- Retrabalhos. - Aumento de custos.
	Água Quente	- Divergência entre o ponto de instalação do chuveiro.	- Falta de comunicação entre os projetistas	- Retrabalhos. - Aumento de custos.
	Esgoto	- Compatível	-	-
Interruptores	Água Fria	- Compatível	-	-
	Água Quente	- Compatível	-	-
	Esgoto	- Compatível	-	-

Quadro 3 – Incompatibilidades entre Projeto Hidrossanitário x Elétrico

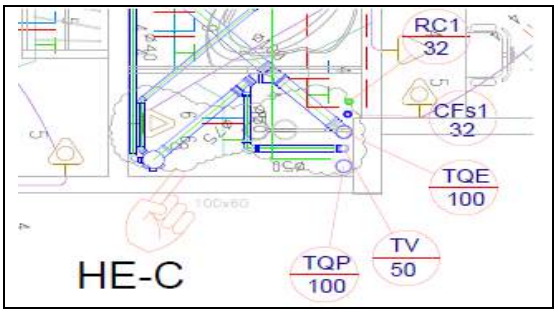


Figura 3 – Incompatibilidades entre Projeto Hidrossanitário x Elétrico.

A Tab. 3 apresenta a quantidade de incompatibilidades encontradas entre os projetos hidrossanitário e elétrico.

Tabela 3 – Quantidade de Incompatibilidades – Hidrossanitário x Elétrico.

Incompatibilidade	Quantidade
Pontos de água e de energia do chuveiro em paredes diferentes	5

4. CONCLUSÕES

Com base nas análises feitas a partir da sobreposição em plano 2D dos projetos complementares da edificação em estudo, foi encontrado um grande número de incompatibilidades físicas e funcionais (218 no total), sendo a grande maioria destas entre os projetos estrutural e hidrossanitário (207), o que significa 94,9% das incompatibilidades da edificação. Em seguida vem as incompatibilidades entre os projetos estrutural e elétrico (6), representando 2,7% das incompatibilidades, e entre os projetos hidrossanitário e elétrico (5), totalizando 2,4% do total de incompatibilidades conforme apresentado no Fig. 4.

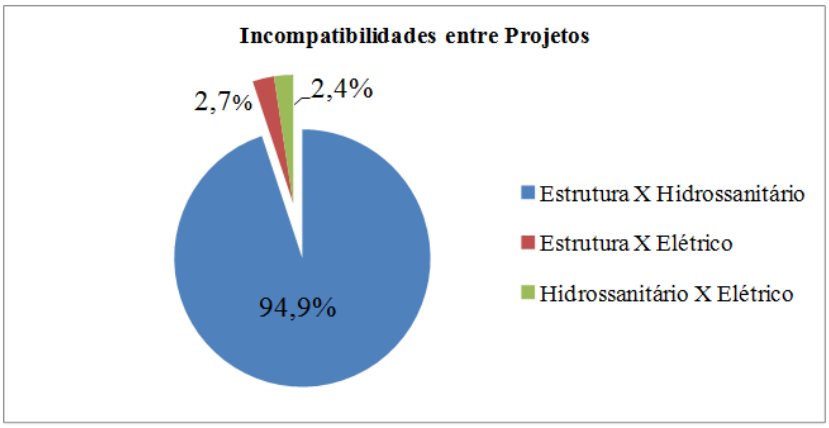


Figura 4 – Incidência de incompatibilidades entre projetos.

No estudo feito é evidenciado uma quantidade representativa de incompatibilidades entre a estrutura e as instalações hidrossanitárias, sendo o principal problema encontrado a falta de passagem para tubulações em lajes (100 ocorrências) e a falta de passagem para tubulações em vigas (90 ocorrências), sendo a soma das demais incompatibilidades um total de 28 ocorrências, conforme mostrado Fig. 5. Estas também são as incompatibilidades mais onerosas, pois envolvem mais mão de obra para solucioná-las quando na fase de execução, principalmente quanto a demolições e abertura de furos em vigas. É importante resaltar também que estas aberturas feitas, tanto em lajes quanto em vigas, não foram previstas no projeto estrutural, o que pode gerar problemas estruturais por furos mal posicionados em vigas, fora da linha neutra ou em pontos onde tenha maior esforço cortante, além de sobrecargas para fechamento dos *shafts* que não foram considerados no calculo das lajes.

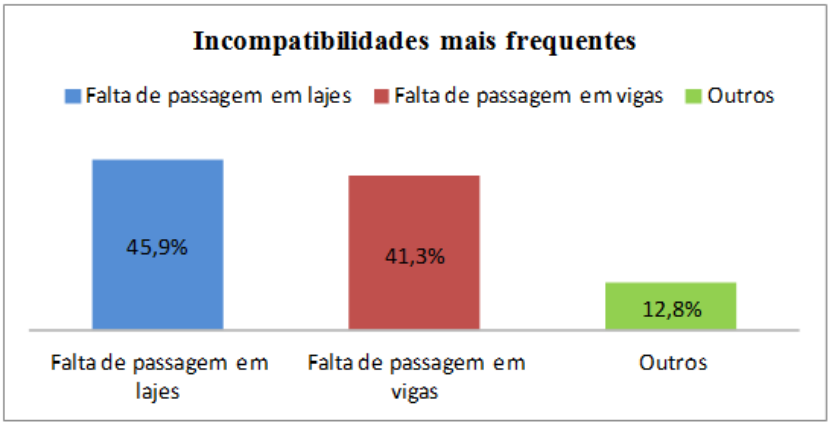


Figura 4 – Incompatibilidades mais frequentes entre projetos.

5. REFERÊNCIAS

ÁVILA, V. M. **Compatibilização de projetos na construção civil: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar**. 2011. 86f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

CALLEGARI, S; **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares**. 2007. (Dissertação - Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. LTC, Rio de Janeiro, 1997.

MELHADO, S. B; et al. O processo de projeto e sua gestão. In: **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. Capítulo 2

NASCIMENTO, R. L. **Compatibilização de projetos de edificações**, 2015 (Trabalho de Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2015.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

INOVAÇÃO INCREMENTAL NA SEGURANÇA DO TRABALHO EM ALTURA EM UMA INSTITUIÇAO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR: UM ESTUDO DE CASO

Melchior Gonçalves Moreira da Silva
Marcelo Guelbert
Tanatiana Ferreira Guelbert
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, Campo Mourão, PR 87301-899, Brasil
melchiorg@utfpr.edu.br
mguelbert@utfpr.edu.br
guelbert@utfpr.edu.br

***Resumo**: Não são raros os estímulos ao desenvolvimento de projetos de inovação e tecnologia incentivados pelo estado a partir de projetos de fomento. A função inovação muito embora seja mais comumente percebida na iniciativa privada, é perfeitamente aplicável em organizações públicas. Em órgãos públicos a dificuldade de alcance a mudanças positivamente substanciais - radicais - apresentam obstáculos complexos, o que leva os gestores públicos a buscarem mudanças positivas incrementais em parte dos processos dos serviços públicos. O atendimento a requisitos legais de segurança do trabalho, isoladamente, não caracteriza necessariamente uma inovação. Entretanto, deve-se ponderar o fato de que alguns órgãos públicos possuem edificações relativamente antigas e sem as devidas adaptações capazes de proporcionar condições mínimas de segurança em trabalhos realizados em altura. Tal situação de risco está presente em parte dos Câmpus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que inclusive, não obstante, ofertam disciplinas de engenharia de segurança do trabalho. Como oportunidade de solução para tal problema vislumbra-se a ideia da implementação do equipamento de segurança denominado linha de vida horizontal. Na hipótese de sucesso com tal implementação, uma ou mais classes de inovações poderiam ser caracterizadas em face do alcance da condição de melhoria significativa. É sobre esta contextualização que o presente estudo foi desenvolvido.*

***Palavras-chave:** Inovação incremental, trabalho em altura,*

1. INTRODUÇÃO

O cenário corporativo privado apresenta-se em constante mudança em razão da competitividade entre as empresas nas respectivas propostas das formas de apresentação de seus produtos e serviços.

Limitar-se a métodos convencionais como simples propagandas e preços promocionais já não são mais suficientes para o alcance da desejada preferência em um cenário com clientes cada vez mais exigentes.

A aplicação dos conceitos de inovação nos produtos e serviços torna-se cada vez mais necessário. A busca pela evolução tecnológica perfila como um fator indissociável para o alcance da inovação. No tocante a tecnologia, Longo (1996 *apud* Carvalho, *et al*. p.21) a define como um "conjunto organizado de conhecimentos científicos, empíricos ou intuitivos, empregados na produção e comercialização de bens e serviços".

Aliando-se especialmente às tecnologias, as corporações investem em mudanças no objetivo do melhoramento significativo do objeto de suas propostas comerciais com foco à aceitação no mercado. A não ocorrência representa apenas uma tentativa ou melhoria. Já na hipótese da comprovada aceitação pelo mercado, caracteriza-se a inovação (Carvalho *et al*, 2011).

Enquanto na área privada a busca pela inovação é critério de permanência no mercado, no setor público a aplicação do conceito de inovação representa uma importante oportunidade de melhoria dos serviços prestados à sociedade.

Para uma inovação radical (Scherer, 2009) nos serviços públicos, seria necessário a participação de distintos níveis hierárquicos do órgão, além dos servidores diretamente envolvidos com a mudança proposta.

De uma maneira mais simplista e ao mesmo tempo de importante valor, qualquer ocupante de cargo público tem em mãos a oportunidade de promover inovações sobre seus próprios processos de prestação de serviço. Para não depender de uma quantidade exorbitante de agentes para o resultado desejado, o servidor público proponente pode direcionar a maior gama de esforço a um menor grupo, ou até mesmo, para si só. De forma mais isolada, os gestores públicos podem promover a denominada inovação incremental de processos. Identifica-se uma inovação incremental a partir de

"mudanças técnicas menores surgidas da acumulação de experiências, assim como as melhorias de produto e/ou processo introduzidos posteriormente à inovação original" (Reis, 2008, p.45).

Na administração pública as obrigações de fiscalização de contratos administrativos oportunizam a identificação de processos com carência de desempenho. Em eventuais fiscalizações que envolvam segurança do trabalho, quanto maior a redução dos riscos de acidentes, melhor. Para tal alcance, pode-se aplicar a prática de inovações incrementais de processos.

É sobre este enfoque que o presente estudo será desenvolvido. Mais precisamente sobre a supressão de riscos de queda em altura, na realização de serviços por funcionários terceirizados, no alto das edificações do Câmpus Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Pondera-se que o conceito de inovação não estaria caracterizado pela simples aquisição e instalação dos equipamentos necessários para eliminação ou supressão dos riscos (Carvalho, *et al*. 2011), mas sim, na credibilidade organizacional em favor de uma universidade que possui disciplinas de segurança do trabalho em grades curriculares de cursos de graduação em engenharias.

Sobre inovações incrementais (Tidd, *et al*. 2008, p.33) versa que "os ganhos cumulativos de eficiência são muito maiores a longo prazo do que aqueles obtidos com as mudanças radicais ocasionais".

Com tal premissa pode-se afirmar que a melhoria da tecnologia empregada na segurança do trabalho do Câmpus pode ser explorada inclusive pelos docentes no próprio processo de ensino. Com a confirmação de tal êxito, caracteriza-se a inovação em favor da cultura organizacional do Câmpus.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O que é inovação?

A definição de inovação não é unânime entre autores, entretanto, percebe-se convergência entre temas como mudança da empresa ou do mercado, obtenção de conhecimento, competitividade, gestão de ideias, novidade, mudança, descoberta e tecnologia.

Acerca das principais referências sobre o tema, o economista austríaco Joseph Alois Schumpeter, sob forte vertente capitalista, desenvolveu os primeiros estudos relacionados a inovações ainda na primeira metade do século vinte, vindo a se tornar um grande influenciador para futuros autores (Scherer, 2009).

Segundo Scherer (2009, p.7) "Shumpeter criou uma linha divisória entre dois tipos de descoberta: a invenção e a inovação, estabelecendo que a inovação se diferenciava por estar vinculada a um ganho econômico".

Outro forte ponto de referencia do tema inovação é o Manual de Oslo, que em sua terceira edição define inovação como sendo "a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas" (OCDE, 2006, p.55)

Em uma abordagem suplementar Tidd *et al*. (2008, p.23) versa que a "inovação é movida pela habilidade de estabelecer relações, detectar oportunidades e tirar proveito das mesmas".

O atributo da criatividade está recorrentemente presente nos estudos sobre inovação, onde ganhos de competitividade podem ser conquistados a partir da evolução dos modelos de decisões estratégicas sobre como ofertar os produtos e serviços.

"A inovação contribui de diversas formas. As pesquisas sugerem que há uma forte correlação entre o desempenho mercadológico e a inserção de novos produtos" (Tidd *et al*. , 2008, p.25).

Os estudos revelam a forma científica de se caracterizar uma inovação, utilizando-se, por exemplo, a graduação da novidade de um determinado produto ou serviço lançado, a ser mensurada por meio de valores atribuídos a partir de variáveis como: aceitação do público consumidor, complexidade, marketing, potencial de mudança do mercado, permanência no mercado, entre outros aspectos.

2.1.1 Classes e tipos de inovação

2.1.1.1 Diferenças de inovação, invenção e descoberta

Conforme já abordado neste estudo Schumpeter discorreu sobre sobre inovação valendo-se de termos como invenção e descoberta. Para maiores esclarecimentos é pertinente reabordar estas duas terminologias a partir de conceitos de autores da atualidade para uma melhor organização de tais referências.

Segundo Carvalho *et al* (2011, p.22) no campo da ciência das inovações a terminologia descoberta refere-se a revelações de "coisas ou fenômenos da natureza. Quando o ser humano percebe esse fenômeno pela priveira vez, caracteriza-se uma descoberta".

Já a invenção "é algo inédito produzido pelo homem, independentemente de sua apropriação econômica ou utilidade prática" (Carvalho *et al*. 2011, p.23), ou seja, é possível ser obtentor de um invento mesmo que ele tenha sido rejeitado comercialmente. Ocorrendo o inverso - aceitação do mercado - a invenção passa a ser também uma inovação.

2.1.1.2 Inovação radical (desruptiva) e inovação incremental

Para melhor compreensão dos tipos de inovação, é importante o alcance da compreensão acerca da graduação ou intensidade da novidade. Neste quesito a inovação é medida a partir do impacto causado por sua implementação.

Um baixo alcance quanto ao resultado esperado somado a uma baixa avaliação quanto à novidade da ideia, representa no máximo uma melhoria. Na medida que os polos dos resultado e novidades se expandem a níveis suficientemente elevados, a inovação passa a ser caracterizada (Scherer, 2009).

As inovações radicais remetem a resultados de grandes proporções, com grau elevado de transformação, reflexo econômico e de percepção imediata após a implementação (Scherer, 2009). A inovação radical em uma empresa tende a ser percebida em todos os níveis hierárquicos, clientes, distribuidores e fornecedores.

As inovações incrementais representam graus moderados de novidade, porém, com percepções de ganhos significativos nos resultados. As inovações incrementais tendem a se acumular ao longo do tempo através da evolução da conhecimento e competência tecnológica (Scherer, 2009).

Segundo Tidd *et al*. (2008, p.33) as inovações incrementais "sugerem que os ganhos cumulativos de eficiência são muito maiores a longo prazo do que aqueles obtidos com mudanças radicais ocasionais".

2.1.1.3 Tipos de inovações

Os tipos de inovações indicam a forma como o fator novidade foi explorado. A título de exemplo a inovação pode estar presente em um produto, bem como em uma das etapas de sua fabricação, e ainda, na forma em que ele é ofertado ao mercado.

Os tipos de inovações citados por autores são muitos, a exemplo das inovações abordadas por Scherer (2009): clientes, soluções, captura de valor, presença, relacionamentos, marcas, entre outros.

Segundo Carvalho (2011) são cinco os tipos de inovação mais estudadas: produto, serviço, processo, marketing e organizacional.

O Manual de Oslo oferece em seu conteúdo a mesma linha de segmentação, contudo, aglutinando os serviços na mesma conceituação das inovações de produtos, resumindo a quatro os tipos de inovações: produto, processo, marketing e organizacional (OCDE, 2006).

As inovações de produto representam a introdução de um "bem ou serviço novo ou significativamente melhorado no que concerne a suas características ou usos previstos" (OCDE, 2006, p. 57).

Consideram-se melhoramentos significativos as evoluções em especificações técnicas, materiais, softwares, facilitação em prol da operacionalidade de sistemas de gestão, entre outros congêneres.

As inovações de processos, além representar implementação de novos métodos produtivos ou significativamente melhorados, "promove o redesenho dos principais processos operacionais a fim de ampliar a eficiência e aumentar a produtividade" (Scherer, 2009, p.15).

Para as inovações de processos consideram-se mudanças significativas as evoluções de ténicas produtivas, adição ou substituição de equipamentos e softwares (OCDE, 2006).

Sobre inovações de marketing, o Manual de Oslo conceitua que:

> podem ser representadas pela implementação de um novo método de marketing com mudanças significativas na concepção do produto ou em sua embalagem, no posicionamento do produto, em sua promoção ou na fixação de preços. Inovações de marketing são voltadas para melhor atender as necessidades dos consumidores, abrindo novos mercados, ou reposicionando o produto de uma empresa no mercado, com o objetivo de aumentar as vendas (OCDE, 2006, p.59).

Por fim, as inovações organizacionais podem ser caracterizadas a partir da "implementação de um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização do seu local de trabalho ou em suas relações externas" (OCDE, 2006, p.61). Este tipo de inovação consiste na "busca de novas formas de estruturar a empresa, de redesenhar o papel dos colaboradores e de redefinir parcerias" (Scherer, 2009, p.15).

De modo geral os efeitos das inovações organizacionais tendem a demonstrar alcances de percepções distintas. As incrementais são comumente percebidas pelo público interno da empresa, enquanto as radicais se estendem também a clientes, fornecedores, distribuidores, dentre outros *stakeholders*.

2.2 Segurança no trabalho

A conceituação de 'segurança no trabalho' relaciona-se a outros temas correlacionados a exemplo de 'segurança', 'acidente', e ainda, 'engenharia de segurança do trabalho'.

O objetivo da segurança de maneira estrita é evitar acidentes. Segundo Cardella (2009, p.31) "acidente é o fenômeno de natureza multifacetada, resultante de interações complexas entre fatores físicos, biológicos, psicológicos, sociais e culturais".

Cardella (2009, p.30) também afirma que a segurança "é o conjunto das ações que tem por finalidade reduzir a frequência e a intensidade da manifestação dos perigos".

Sob o aspecto legal a lei federal número 8.213 de 1991 - atualizada diversas vezes por decreto; e por último no ano de 2015 por lei - oferece em seu artigo 19 sua contribuição para a definição de acidente de trabalho, concietando qua "acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (BRASIL, 1991).

Por fim, a engenharia de segurança do trabalho é o ramo da engenharia que se dedica a planejar, elaborar programas e a desenvolver soluções que visam minimizar os acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, como também proteger a integridade e a capacidade de trabalho do trabalhador (Rodrigues e Jahesch, 2009).

2.2.1 Trabalho em altura

O trabalho em altura é objeto de atenção para a engenharia de segurança do trabalho bem antes da publicação da Norma Regulamentadora nº35 (NR35) no ano de 2012, que por sua vez, regulamentou os trabalhos em altura. Antes na NR35, por conta da ausência de regulamentação, os cuidados se limitavam ao fornecimento e uso de equipamentos de proteção individual e coletivo (BAU, 2011).

A insuficiência de regulamentação proporcionou condições inseguras. Sobre tal condição, Andrade afirma que "durante vários anos os serviços executados em estruturas elevadas eram realizados com o cinturão de segurança abdominal e toda a movimentação era feita sem um ponto de conexão, isto é, o trabalhador só teria segurança quando estivesse amarrado à estrutura, estando susceptível a quedas" (ANDRADE, 2013, p.2).

Até a regulamentação os empregadores, em sua maioria, investiam o suficiente para evitar acidentes; não tendo a devida abordagem formal com capacitações, registros, e estabelecimento de critérios básicos de segurança.

2.2.2 Surgimento da NR35 - trabalho em altura

A Norma Regulamentadora (NR) número 35 do então Ministério do Trabalho e Emprego foi publicada pelo diário oficial da união a partir da portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho número 313 em 23 de março do ano de 2012.(DOU,2012). Esta norma contempla os requisitos e condições de segurança para trabalho em altura. O item 35.1.1 da NR35 reúne a essência da finalidade do referido instrumento legal: "35.1.1 Esta Norma estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade" (MTE, 2012, p.1).

O critério para que o trabalho seja considerado em altura está fixado pela NR35 na condição de que a atividade exercida ofereça o risco iminente de queda e que o trabalhador esteja acima de 2,00 m (dois metros) do nível inferior (MTE, 2012).

Com a publicação da NR35, a adoção a mecanismos prevencionistas em favor dos trabalhadores deixou de ser uma opção para se tornar um requisito de matéria trabalhista ao empregador. Segundo Fonseca (2007) o Ministério Público do Trabalho, o Ministério do Trabalho e as Delegacias Regionais do Trabalho, conjuntamente, atuam para que as normas regulamentadoras rejam devidamente atendidas.

2.2.3 Linha de vida horizontal

A linha de vida horizontal é um equipamento de segurança que se estende horizontalmente de um ponto de ancoragem a outro, formado basicamente de um cabo de aço flexível, sustentado a partir de um conjunto de componentes, que fornece a seus usuários pontos de ancoragem contra quedas durante o trabalho em altura em movimentações horizontais (Goh eWang, 2015).

Um típico sistema de linha de vida horizontal possui os seguintes componentes:

- pontos de ancoragem
- linha de vida horizontal (cabo de aço flexionado)
- absorvedor de energia
- conjunto cinturão paraquedista
- conectores trava-quedas

No Brasil as maiores referências para o equipamento linha de vida horizontal, são compostas pela Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho número 35, que regulamentou os trabalhos em altura, e também a norma brasileira 16325-2.

A NBR16325-2 vigora sobre todos os dispositivos contra quedas em altura por ancoragem do 'tipo C'. A 'classificação C' refere-se especificamente à definição de linhas de vidas horizontais, sendo o principal critério de caracterização, a derivação máxima de 15 graus em relação o plano horizontal (ABNT, 2014).

3. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada quanto à sua finalidade, exploratória quanto aos objetivos, e qualitativa quanto à natureza (Gil, 2010). Quanto aos procedimentos técnicos a pesquisa requer fontes bibliográficas. A Pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, "abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico, etc" (Marconi e Lakatos, 2010, p.166).

Em complemento ao estudo foram dispendidos esforços em pesquisas de campo. Marconi e Lakatos (2010) versam que a pesquisa de campo é adequada em casos onde são necessários a obtenção de informações e conhecimentos para se comprovar alguma hipótese, ou ainda, descobrir novos fenômenos relacionados ao objeto de pesquisa.

Inicialmente o estudo bibliográfico foi desenvolvido de modo a harmonizar os temas inovação e segurança do trabalho, especialmente no tocante a trabalhos em altura com risco de queda.

Na etapa seguinte foi aplicado um questionário eletrônico direcionado aos representantes dos Departamento de Projetos e Obras dos treze Câmpus da UTFPR, buscando informações sobre a existência ou não de linhas de vida horizontais nos respectivos imóveis acadêmicos.

Por fim, foi estabelecido contato com uma empresa especializada da capital do estado de São Paulo, que por sua vez avaliou fotos, plantas baixas, vídeos e elaborou, na sequência, um orçamento prévio do custo estimado para implementações de sistemas de linhas de vida horizontal no Câmpus Campo Mourão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dos treze Câmpus da UTFPR pesquisados, apenas o Câmpus Cornélio Procópio afirmou contar com o equipamento de segurança linha de vida horizontal. Os Câmpus, Apucarana, Santa Helena e Dois Vizinhos, afirmaram que a composição predial de seus respectivos blocos acadêmicos torna desnecessária a presença do equipamento de segurança, pois as edificações são térreas.

Os seguintes Câmpus afirmaram não possuir linha de vida horizontal: Campo Mourão, Londrina, Francisco Beltrão, Pato Branco, Toledo, Medianeira, Guarapuava, Curitiba e Ponta Grossa.

O custo estimado para instalação de sistemas de linha de vida horizontal é de R$ 17.170,00 (dezessete mil, cento e setenta reais) por bloco acadêmico do Câmpus Campo Mourão, sendo que ao todo, são sete blocos acadêmicos com necessidade do equipamento linha de vida horizontal integrado ao imóvel, como demonstrado na Fig. 1.

Figura 1: trabalhador protegido contra quedas pelo sistema de linha de vida horizontal.
Fonte: Eng. Seg. Anderson Lacovic da Costa

A concretização da implementação do sistema de segurança denominado linha de vida horizontal no Câmpus Campo Mourão - bem como nos demais Câmpus - resultaria na caracterização de inovação incremental.

De forma amplamente analítica considera-se aceitável que tal inovação incremental possa ser caracterizada como um caso de fronteira (Carvalho *et al.* 2011) por atingir os tipos de inovação em processo e serviço simultaneamente, conforme demonstrado na Fig. 2.

A aceitabilidade da inovação de processo justifica-se pelo valor agregado à qualidade da fiscalização de contrato dos serviços terceirizados. A partir da implementação, a atuação do servidor designado para acompanhar os seviços em altura, alcançaria elevado nível profissionalização, além da percepção de redução de risco significativamente melhorados em favor do trabalhador protegido.

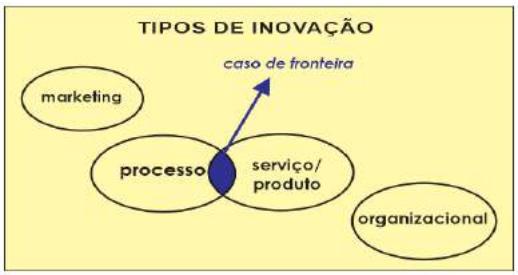


Figura 2: Exemplo de caso de fronteira entre inovações

Quanto à significativa melhoria do serviço, considera-se o acréscimo do fator credibilidade agregado aos serviços de ensino relacionados à segurança do trabalho. O Câmpus Campo Mourão aplica disciplinas de segurança do trabalho em parte de suas graduações em engenharia, e também, possui o histórico de duas turmas formadas em especialização lato sensu em engenharia de segurança do trabalho.

5. CONCLUSÃO

A obtenção de inovações de grandes proporções em instituições públicas representa um desafio complexo em face de aspectos contraproducentes como o excesso de normatizações, dificuldade de comprometimento coletivo, ramificação hierárquica elevada, dentre outros aspectos típicos de órgãos públicos.

Para superar tais obstáculos as inovações incrementais tornam possíveis alcances de resultados significativos a partir de iniciativas isoladas. A implementação do sistema de segurança linha de vida horizontal passaria a permitir, se utilizada corretamente, razoável supressão dos riscos de acidentes com óbito ou lesões graves dos trabalhos contemplados pela NR35.

Ressalta-se que o presente estudo pode representar objeto de pesquisa para futuros estudos acadêmicos, onde o cenário porvindouro poderá plenamente ser comparado ao cenário atual detalhado neste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

Andrade, Emilson Damasceno de. Manutenções em prédios e residências: Trabalho em altura. Publicado em 11 de dezembro de 2013. 17 de maio de 2017. <http://www.profemilson.com.br/manutencao>

ABNT. NBR 16325-2: Proteção contra quedas de altura. P.2: Dispositivos de ancoragem. Rio de Janeiro, 2014.

Bau, Lia N.; ROSINHA, Diego. Um brinde a segurança. Proteção, Novo Hamburgo, v7, 2012, p. 42-58, jul. 2012

Brasil. Lei 8.213/1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. 14. jun. 2017. < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8213cons.htm >.

Cardella, B. Segurança no Trabalho e Prevenção a Acidentes.1.ed. São Paulo: Atlas, 2009

Carvalho, H. G. et al. Gestão da Inovação. 1.ed. Curitiba: Aymará, 2011

Fonseca, B. G. B. O Ministério Público do Trabalho e a Delegacia Regional do Trabalho. Uma proposta de atuação conjunta. Revista Jus Navigandi. ISSN 1518-4862, ano 12, n.1636, 2007.

Gil, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. SP: Atlas, 2010.

Goh, Y. M., Wang, Q. Investigações de Adequação de Design de Sistemas de Linha de Vida Horizontal a partir de estudos de caso em Singapura. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, ISSN 0733-9364/04015017, 2015.

Marconi, M. A. Lakatos, E. M. Fundamentos de Metodologia Científica.7.ed. São Paulo: Atlas, 2010

Ministério do Trabalho e Emprego. Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho. Manual de auxílio na interpretação e aplicação da NR35 - trabalhos em altura: NR-35 comentada. Brasília: SIT/DSST, 2012.

Ministério do Trabalho e Emprego. Norma regulamentadora-NR35, Trabalho em altura, março, 2012: Disponível em:<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao> Acessado em 05 de julho de 2017

OCDE. Manual de Oslo: Diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Publicado pela FINEP (Financiadoras de Estudos e Projetos), 3ª Edição, 2006.

Reis, D. R. Gestão da Inovação Tecnológica. 2.ed. Barueri: Manole, 2008

Rodrigues, M. L.; Jahesch, Z. M. O Profissional de Engenharia de Segurança do Trabalho e a Prevenção de Acidentes e Doenças Laborais. Caderno de Administração/UEM, p.5, 2009

Scherer, F. O. Gestão da Inovação na Prática. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2009

Tidd.D, J. Gestão da Inovação. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2008

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

EVOLUÇÃO E ANÁLISE DOS EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS ALIADOS ÀS MELHORIAS NA LOCAÇÃO DE OBRAS

Matheus Luiz Polippo
Leandro de Mello Pinto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
Universidade Federal de Santa Maria; Av. Roraima, n° 1000; Santa Maria; Rio Grande do Sul; Brasil
matheus_polippo@hotmail.com; leandro.m.pinto@ufsm.br

Vanessa Fátima Alves
Nadine Carla Dias
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; RS 331, nº 345; Erechim; Rio Grande do Sul; Brasil
vanessa.sulcoreser@gmail.com; nadinecarlad@gmail.com

Resumo. *A indústria da construção se caracteriza pelo uso de técnicas executivas convencionais e apresenta certa resistência quando se fala em inovação, porém a tecnologia está em constante desenvolvimento trazendo inúmeras vantagens. O estudo destaca a importância da locação da obra, que é uma das primeiras etapas construtivas em uma edificação, apresentando os métodos considerados padrão e mostrando alternativas para a locação com equipamentos topográficos, que é o caso do uso do teodolito ótico, teodolito eletrônico e estação total. A avaliação dos métodos consiste em escolher um terreno e elaborar a planta baixa de uma edificação para realizar o trabalho de campo, fazendo assim, a locação da alvenaria utilizando os equipamentos topográficos já citados acima. De acordo com os resultados obtidos, quanto à precisão, com a estação total obteve-se os melhores resultados, seguido pelo teodolito eletrônico e pelo teodolito ótico, respectivamente. Quanto ao tempo de execução da locação, a estação total demandou menos tempo, seguido pelo teodolito ótico e por último o teodolito eletrônico.*

Palavras-chave: *topografia, equipamentos, teodolito, estação total*

1. INTRODUÇÃO

A topografia está inserida em todas as atividades da engenharia civil, em menor ou maior escala, dependendo do tipo de obra. Desde a obtenção de plantas com curvas de nível, indispensável para elaborar a maioria dos projetos, até a locação destes projetos. Por exemplo, quando se faz necessário uma obra de terraplenagem, é fundamental que, antes de qualquer máquina começar a operar, se faça um levantamento planimétrico para se conhecer o modelo do terreno e assim, poder planejar com relativa precisão volumes de corte e aterro (Borges, 1995).

A locação da obra consiste no processo de transferir a planta baixa do projeto da edificação para o terreno, ou seja, indicar recuos, afastamentos, alicerces, paredes, etc. É ela quem determina o perfeito posicionamento da construção no terreno. No primeiro momento, determina-se a posição correta para os elementos de fundação, logo após, é locada os elementos estruturais, como pilares, vigas e lajes. Quando necessário, ainda nessa etapa, deve se deixar passagens para instalações elétricas, hidráulicas e hidrossanitárias. Por fim, é feita a marcação das vedações verticais (Silva, 2015).

Por ser um processo importante, a locação exige um projeto específico e detalhado, porém em obras de pequeno porte é comum essa planta não ser feita, gerando muitas vezes espaços internos com dimensões diferentes das projetadas. Com a planta de locação bem elaborada não ocorre esse problema, pois as paredes são locadas no eixo, não alterando as dimensões independente do revestimento usado (Padua, 2012).

Segundo Hillesheim (2015), existem diversas maneiras de se fazer uma locação, sendo que esta escolha depende da complexidade de cada obra. As mais simples, podem ser atendidas usando apenas fios de nylon, estacas e trena, que é o método conhecido como gabarito. Porém, para obras grandes onde se tem grande volume de trabalho, muitas vezes se faz necessário o uso de meios mais avançados, como a topografia. Sendo assim, a topografia tem grande importância para os projetos e obras, desde sua concepção até a execução, colaborando com resultados confiáveis e precisos.

Loch e Cordini (2000) relatam que os primeiros equipamentos como os teodolitos surgiram durante o século XIX, devido ao aperfeiçoamento de equipamentos mais simples que já existiam. A partir da Segunda Guerra Mundial a tecnologia evoluiu de forma mais rápida, melhorando ainda mais os equipamentos, que são os casos da estação total e dos aparelhos GPS.

Para Rodrigues (2003), a engenharia civil tende a ganhar muito com a evolução dos equipamentos topográficos, pois a modernidade traz consigo a tecnologia e a exatidão. Essa evolução agrega muito para uma área onde a informação precisa ter exatidão, pois medidas ou cálculos errados podem levar a erros de projeto e consequentemente retrabalho, tendo assim prejuízos.

2. METODOLOGIA

2.1 Definição do local para locação da obra

Para executar a locação dos elementos, os trabalhos preliminares como limpeza e terraplenagem devem estar concluídos, tendo assim um terreno plano e sem obstáculos. Pensando nisso, foram analisados vários locais no Campus II da URI – Erechim que atendessem as necessidades sem fazer alterações no terreno. As instalações do Campus II da universidade são na cidade de Erechim, bairro Demoliner, Rio Grande do Sul às margens da RS 331. Um local totalmente nivelado e/ou sem obstáculos não foi encontrado, optou-se pelo terreno próximo a antiga serraria (Fig. 1), o que melhor atendeu os requisitos e foi utilizado, embora tendo alguns pequenos desníveis.

Figura 1. Local da locação (em vermelho)

2.2 Elaboração da planta baixa

A planta baixa é um desenho técnico que representa o corte a um metro e meio de altura a partir da base da edificação, passando por paredes, portas, janelas, pilares, entre outros. É feito em determinada escala e tem por objetivo mostrar as medidas horizontais reais do imóvel. Deve conter detalhes como medidas de portas, janelas, paredes e os cômodos devem ser nomeados informando a área e o tipo de piso. Detalhes como pias, aquecedores, sanitários também costumam fazer parte da planta baixa. Como o objetivo desse trabalho é apenas fazer a locação dos pontos principais, a planta foi elaborada de forma simplificada. Após escolhido o terreno, foi elaborada a planta da edificação no AutoCAD®, atendendo os requisitos de uma casa de padrão médio (Fig. 2a), com metragem total de aproximadamente 125,50 m², contendo uma cozinha conjugada com a sala, suíte, quarto, banheiro, área de serviço, circulação, escritório, varanda e garagem.

2.3 Dados para locação

Em busca da realização de um trabalho mais completo, optou-se por fazer a locação de toda alvenaria em vez de apenas os elementos estruturais como sapatas e pilares. Sendo assim, desenvolveu-se a planta de locação, onde cada mudança de direção de paredes constituiu um ponto, chegando a um total de 24 pontos. Para a locação usando os equipamentos topográficos, foi necessário retirar da planta baixa informações como distância e ângulo para cada ponto: Distância: após ter um local pré-definido para a instalação do equipamento, foi medida a distância dessa origem até o eixo de encontro de alvenaria; Ângulo: ângulo medido em graus, minutos e segundos no sentido horário, entre a linha de referência determinada e a linha de distância do equipamento com o ponto, conforme a Fig. 2b.

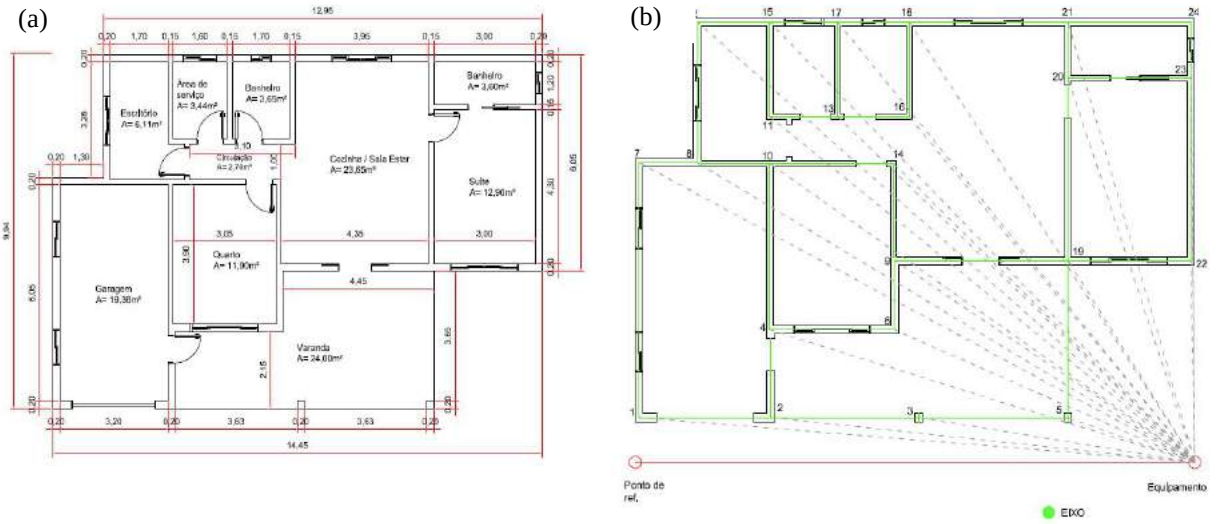


Figura 2. Planta de locação (a) e medidas de ângulos e distâncias a partir da referência (b).

Vale ressaltar que é importante dar atenção total de onde o equipamento será colocado em projeto, para que no campo seja instalado no mesmo lugar, fazendo com que a locação fique na posição desejada, respeitando recuo frontal e lateral do terreno. O ponto de referência também é muito importante para uma perfeita locação, pois a partir dele o equipamento é zerado para posterior determinação dos ângulos desejados. Desta forma determinou-se os ângulos e distâncias (Tab. 1).

Tabela 1. Ângulos e distâncias partido do ponto de referência.

Pt.	Dist. (m)	Ângulo	Pt.	Dist. (m)	Ângulo	Pt.	Dist. (m)	Ângulo	Pt.	Dist. (m)	Ângulo
1	14,392	04°23'00"	7	16,122	27°07'17"	13	12,527	42°34'25"	19	5,935	56°30'39"
2	11,005	05°44'11"	8	14,803	29°46'08"	14	10,682	43°17'35"	20	9,977	70°50'19"
3	7,209	08°46'35"	9	9,195	32°34'00"	15	15,397	44°32'22"	21	11,285	73°07'50"
4	11,446	16°29'44"	10	13,194	33°43'13"	16	11,234	48°58'12"	22	4,951	88°50'34"
5	3,478	18°26'06"	11	13,866	37°40'32"	17	14,203	49°38'23"	23	9,425	89°23'32"
6	8,403	22°45'04"	12	16,785	40°02'45"	18	13,077	55°40'19"	24	10,800	89°28'10"

2.4 Locação com teodolito ótico

O teodolito ótico utilizado é da marca Wild, modelo RDS-171730. O mesmo foi fixado em um tripé e regulado até ficar nivelado. Logo após o teodolito foi zerado na referência para começar a locação. Como esse equipamento não dispõe de um distanciômetro, utilizou-se uma trena métrica para transferir as distâncias para o terreno. Este procedimento necessita de duas pessoas, uma para controlar os ângulos no aparelho e outra para determinar distâncias e cravar as estacas no terreno. Após localizada a referência, movimentando o teodolito no sentido horário os ângulos começam a aumentar. Após obter o ângulo desejado é efetuada a medição da distância e cravada a estaca, repetindo esse processo para o total de 24 pontos. Para ligar as estacas é indicado fio de nylon, porém nesse trabalho foi empregado fita de isolamento hachurada para melhor visualização. A principal desvantagem desse equipamento é que possibilita apenas a leitura de graus e minutos, os segundos da medida angular são estimados de maneira aproximada.

2.5 Locação com teodolito eletrônico

O teodolito eletrônico utilizado é da marca Sanding, modelo ET-02. O mesmo foi fixado em um tripé e regulado até ficar nivelado. Sua utilização é basicamente igual ao do teodolito ótico. Devendo ser zerado no ponto de referência e sua angulação aumenta conforme é girado no sentido horário. Também necessita de duas pessoas, uma para controlar o equipamento e outra para controlar as distâncias com a trena métrica e fixar as estacas. A principal diferença quando comparado com o equipamento do subitem anterior, é que o teodolito eletrônico além de medir graus e minutos, determina ainda os segundos, tendo assim, maior precisão quando utilizado para pontos bastante afastados do equipamento. Para grandes distâncias, que não é a questão desse trabalho, por ter a leitura completa (graus, minutos e segundos) o equipamento poderá ter um melhor resultado.

2.6 Locação com estação total

A estação total utilizada é da marca Leica, modelo TC-307. O mesmo foi fixado em um tripé e regulado até ficar nivelado. Seu funcionamento é muito semelhante ao dos teodolitos. A principal diferença é que com esse equipamento não é necessário o uso de trena métrica. Para começar a locação, deve-se zerar a medida angular da estação total no ponto de referência e sua angulação aumenta conforme o equipamento é girado no sentido horário. Encontrado o ângulo desejado orienta-se a outra pessoa que está segurando o prisma. Quando o mesmo estiver exatamente na mira da estação total, deve-se encontrar a distância desejada, clicando no botão que aciona o laser em direção ao prisma, a medida da distância é dada do display do equipamento, em seguida é cravada a estaca no ponto de locação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados a seguir são finais, em vista disso, pode-se fazer uma avaliação completa sobre a evolução e análise dos equipamentos topográficos aliados às melhorias na locação de obras. As locações das estacas com os diferentes equipamentos topográficos utilizados no trabalho foram concluídas e feito o alinhamento entre elas com fita de isolamento hachurada. Para a aferição da precisão dos equipamentos utilizados, após o término da locação, foi medida a distância entre as estacas que tem ligação, fazendo assim um comparativo com o valor de projeto, dado no programa AutoCAD. Na Tab. 2 podemos ver as distâncias entre estacas a e precisão para cada trecho medido.

Tabela 2. Comparativo de resultados entre os equipamentos utilizados.

Estacas	Medidas dos lados (m)				Diferenças (m)		
	Projeto	Teodolito Ótico	Teodolito Eletrônico	Estação Total	Teodolito Ótico	Teodolito Eletrônico	Estação Total
01 - 02	3,40	3,39	3,38	3,38	0,01	0,02	0,02
01 - 07	6,25	6,22	6,25	6,23	0,03	0,00	0,02
02 - 03	3,83	3,82	3,84	3,86	0,01	0,01	0,03
02 - 04	2,15	2,15	2,16	2,15	0,00	0,01	0,00
03 - 05	3,83	3,86	3,85	3,80	0,03	0,02	0,03
04 - 06	3,23	3,20	3,22	3,23	0,03	0,01	0,00
05 - 19	3,85	3,83	3,84	3,84	0,02	0,01	0,01
06 - 09	1,70	1,65	1,70	1,69	0,05	0,00	0,01
07 - 08	1,50	1,41	1,47	1,51	0,09	0,03	0,01
08 - 10	1,88	1,86	1,87	1,85	0,02	0,01	0,03
08 - 12	3,45	3,46	3,46	3,46	0,01	0,01	0,01
09 - 14	2,38	2,38	2,36	2,37	0,00	0,02	0,01
10 - 04	4,08	4,08	4,07	4,08	0,00	0,01	0,00
Estacas	**Medidas dos lados (m)**				**Diferenças (m)**		
	Projeto	**Teodolito Ótico**	**Teodolito Eletrônico**	**Estação Total**	**Teodolito Ótico**	**Teodolito Eletrônico**	**Estação Total**
10 - 14	3,20	3,22	3,20	3,23	0,02	0,00	0,03
11 - 13	1,75	1,74	1,76	1,75	0,01	0,01	0,00
12 - 15	1,88	1,89	1,91	1,88	0,01	0,03	0,00
13 - 16	1,85	1,86	1,85	1,86	0,01	0,00	0,01
13 - 17	2,33	2,36	2,36	2,32	0,03	0,03	0,01
15 - 11	2,33	2,31	2,32	2,31	0,02	0,01	0,02
15 - 17	1,75	1,77	1,76	1,78	0,02	0,01	0,03
16 - 18	2,33	2,32	2,33	2,31	0,01	0,00	0,02
18 - 17	1,85	1,86	1,85	1,86	0,01	0,00	0,01
18 - 21	4,10	4,08	4,13	4,07	0,02	0,03	0,03
19 - 09	4,48	4,45	4,48	4,49	0,03	0,00	0,01
20 - 19	4,48	4,48	4,44	4,49	0,00	0,04	0,01
20 - 23	3,18	3,16	3,14	3,18	0,02	0,04	0,00
21 - 20	1,38	1,38	1,42	1,37	0,00	0,04	0,01
21 - 24	3,18	3,16	3,15	3,18	0,02	0,03	0,00
22 - 19	3,18	3,17	3,17	3,16	0,01	0,01	0,02
23 - 22	4,48	4,47	4,47	4,47	0,01	0,01	0,01
23 - 24	1,38	1,38	1,40	1,37	0,00	0,02	0,01

Na Fig. 3 podemos ver a dispersão da diferença dos métodos utilizados.

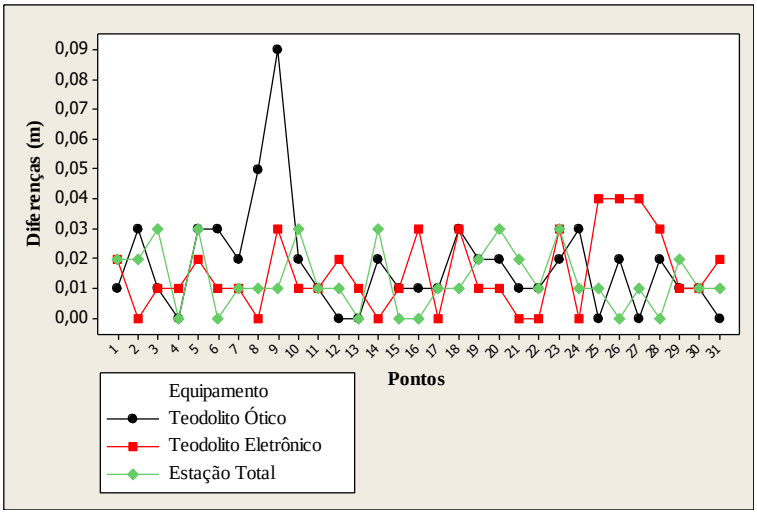


Figura 3. Dispersão da diferença dos métodos utilizados.

Podemos observar na Fig. 3 que não houve grandes diferenças entre os métodos, porém o ponto 8 (trecho estaca 06 à 09) e ponto 9 (trecho estaca 07 à 08) tiveram maior defasagem no método do teodolito ótico, apresentando uma diferença de 5 e 9 cm, respectivamente, em relação ao projeto original (CAD). A Tab. 3 mostra os dados estatísticos das diferenças entre os métodos de locação utilizados.

Tabela 3. Estatística descritiva das diferenças dos métodos utilizados.

Equipamento	Média (cm)	Desvio padrão (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)
Teodolito ótico	1,77 a	1,78	0,00	9,00
Teodolito eletrônico	1,51 a	1,29	0,00	4,00
Estação total	1,32 a	1,05	0,00	3,00

Médias que não compartilham a mesma letra são significativamente diferentes a $\alpha = 0,05$

Podemos verificar na Tab. 3 que os valores das médias foram baixo, mostrando a eficiência dos métodos estudados. A média das diferenças mostra uma vantagem de 14,5% na precisão do teodolito eletrônico em relação ao teodolito ótico, e uma vantagem de 25,4% na precisão da estação total também em relação ao teodolito ótico, apesar da diferença ser de apenas 2,6 mm para o teodolito eletrônico e 4,5 mm para a estação total em relação ao teodolito ótico. A análise de variância, a um grau de confiança de 95%, mostra que estatisticamente, os equipamentos oferecem resultados iguais, provando assim a eficiência dos equipamentos no processo de locação de obra. Na Tab. 4 podemos ver o comparativo de tempo para locar a obra com os diferentes equipamentos, o mesmo foi cronometrado ao iniciar a instalação do equipamento até a locação ser concluída.

Tabela 4. Tempo entre os métodos utilizados.

Equipamento	Tempo
Teodolito ótico	2h 15 min
Teodolito eletrônico	2h 40 min
Estação total	1h 50 min

A comparação entre o tempo de locação com os diferentes equipamentos mostra que o teodolito ótico demandou 25 minutos menos tempo que o teodolito eletrônico, cerca de 15,6% a menos de tempo. Já a estação total necessitou de 50 minutos a menos que o teodolito eletrônico, certa de 31,3% mais rápido. Isso pode ser explicado pois o teodolito ótico não possui a graduação dos ângulos em segundos, tornando a locação um pouco mais rápida em relação ao teodolito eletrônico onde é necessário a verificação dos segundos na graduação angular. Quanto a estação total, a agilidade no processo de locação deve-se ao fato de não ser necessário o uso da trena métrica, pois as distancias são lidas através do medidor eletrônico (laser).

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que os equipamentos topográficos utilizados têm bastante a somar em obras de engenharia civil devido sua elevada precisão e fácil manuseio. Vale ressaltar que até mesmo o teodolito ótico, que já é um equipamento ultrapassado, mostrou boa precisão para locação de uma obra de pequeno porte. O teodolito eletrônico por indicar as medidas angulares com graus, minutos e segundos mostrou uma melhor precisão em relação ao teodolito ótico, de 2,58 cm (14,5%). A estação total, por também indicar as medidas angulares com graus, minutos e segundos, além de ler as distâncias de forma eletrônica, mostrou uma melhor precisão em relação ao teodolito ótico, de 4,51 cm (25,4%). Em relação ao tempo, a locação com teodolito ótico foi 25 minutos mais rápida (15,6%) do que com o teodolito eletrônico, por não considerar a graduação angular dos segundos. A locação com a estação total foi 50 minutos mais rápida (31,3%) do que com o teodolito eletrônico, por não necessitar de trena para a realização das medidas lineares. Outra vantagem é que deixando de usar os métodos tradicionais para locação (gabarito e cavaletes), temos um canteiro de obra mais limpo além de um menor desperdício de madeira, já que os métodos estudados necessitam apenas de estacas para identificar o ponto na obra, o que representa uma melhoria significativa no processo de locação de obras.

5. REFERÊNCIAS

Borges, A. de C., 1995. Topografia: aplicada à engenharia civil. Vol 1. São Paulo: Edgard Blücher Ltda.

Hillesheim, R., 2015. Procedimentos de locação empregados em obras de engenharia civil. 110f. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia, UFSC, Florianópolis.

Loch, C. e Cordini, J., 2000. Topografia contemporânea – Planimetria. 2 ed. Florianópolis: da UFSC.

Padua, M., 2012. Locação de obra – Elaboração da planta de locação e montagem do gabarito. Disponível em: <http://profmarcopadua.net/locacaodeobra2.pdf>. Acesso em: 20 set. 2016.

Rodrigues, D.A., 2003. Evolução dos equipamentos topográficos aliados a qualidade na construção civil. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Anhembi Morumbi, UAM, São Paulo.

Silva, E.V.M. da., 2015. Estudo dos avanços tecnológicos na locação de obras de edificação. 82 f. Projeto de Graduação – Escola Politécnica, UFRJ, Rio de Janeiro.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

UTILIZAÇÃO DA CINZA DE LODO DE ESGOTO COMO REDUTOR DE CLÍNQUER E AGREGADOS NA PASTA DE ARGAMASSA

Drews, Pâmela
Silva, Cristina Vitorino da
URI - Universidade Regional Integrada - RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim/RS
pamela.drews@yahoo.com.br, cristina@uricer.edu.br

Resumo:. *O propósito desde artigo é elucidar sobre o uso da cinza de lodo de esgoto como substituição parcial do clínquer e dos agregados na pasta de argamassa empregada na construção civil. Constata-se que além de ser uma excelente solução sustentável dando nova destinação para este resíduo das ETE's, também amortiza o desperdício de material evitando a escassez dos recursos outrora empregados.*

Palavras chave: *lodo de esgoto, clínquer, pasta de argamassa, resíduo de ETE's, sustentável.*

1. INTRODUÇÃO

A evolução da sociedade é constante e tornou-se cada vez mais imprescindível atentar-se as novas tecnologias, métodos e materiais provenientes dessa progresso. Para tanto, não deve-se esquecer de pensar nas gerações vindouras, as quais poderão exaurir suas fontes de recursos se não refletirmos sobre nossas ações presentes. Tendo em vista, a possibilidade do esgotamento dos recursos atualmente utilizados para a fabricação da pasta de argamassa e a grande geração de resíduos ainda sem reciclagem ou reuso, é de extrema importância o conhecimento e a aplicação de métodos e/ou materiais que possam dirimir os prejuízos causados no passado.

2. OBJETIVOS

O presente artigo tem por objetivo avaliar a importância do aproveitamento do resíduo gerado nas estações de tratamento de esgoto, destacando seus benefícios, potencial econômico, bem como sua utilização como substituto parcial do clínquer e agregado miúdo, preservando os recursos naturais que estão se tornando cada vez mais escassos.

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado através de pesquisas bibliográficas, de forma a obter o maior número possível de informações sobre a aplicabilidade do lodo de esgoto, sua composição química, método de extração, interesse da indústria cimenteira para produção de cimento com este material, implicações do material durante o processo e logística.

4. CARACTERÍSTICAS DO LODO DE ESGOTO

O processo de caracterização do lodo compreende a caracterização do resíduo, umidade, poder calorífico, ponto de fulgor, metais pesados, elementos voláteis, cinza, dióxido de enxofre, água, entre outros.

Para o CONAMA, os limites estão devem permanecer conforme a figura 1 abaixo.

Parâmetros	Limites
Cádmio (Cd) + Mercúrio (Hg) + Tálio (Tl)	= 100 mg/kg sendo Hg< 10mg/kg
Arsênio (As) + Cobalto (Co) + Níquel (Ni) + Selênio (Se) + Telúrio (Te)	= 1.500 mg/kg
Antimônio (Sb) + Cromo (Cr) + Estanho (Sn) + Chumbo (Pb) + Vanádio (V)	=5.800 mg/kg5.800 mg/kg sendo Pb 3.000 mg/kg.
PCI	= 2.000 kcal/kg =1.500 kcal/kg para resíduos sólidos urbanos

Figura 1. Teores máximos de metais para a entrada no forno e pci mínimo
Fonte: Chao

O lodo de esgoto é amplamente utilizado em países como Estados Unidos da América e Japão, por sua composição química ser constituída por óxidos de cal , sílica, alumínio e ferro. A composição química do cimento Portland comparada às do lodo de esgoto estão descritas na figura 2 a seguir.

Composição Química	Valores médios - teor em massa (%)		
	Lodo EUA	Lodo Barueri	Cimento Portland
SiO_2 (anidrido silícico)	14,4 a 57,7	19,75	18,48
Fe_2O_3 (óxido de ferro)	2,6 a 24,4	5,44	2,75
Al_2O_3 (óxido de alumínio)	4,6 a 22,1	12,69	4,44
MgO (óxido de magnésio)	0,8 a 2,2	1,75	⩽ 6,5
Na_2O (óxido de sódio)	0,1 a 0,7	0,11	0,31
K_2O (óxido de potássio)	0,07 a 0,7	0,55	0,75
SO_3 (anidrido sulfúrico)	0,01 a 3,4	0,05	⩽ 4,0

Figura 2. Composição química dos materiais
Fonte: Chao

Segundo Santos, destaca-se a presença de nitrogênio, fósforo, e a contaminação por metais pesados.

5. RECICLAGEM DO LODO DE ESGOTO

Para John *et al*, a reciclagem de um resíduo deve levar em conta as características químicas e físicas do resíduo. Essas características definem a aplicabilidade e as técnicas de manejo do resíduo. Segundo Onaka, a sazonalidade do consumo do lodo deve ser considerada, por isso a utilização da cinza de lodo no Japão é bem limitada.

Os processos térmicos, eliminam os microrganismos presentes no lodo, bem como geram energia neutra. A composição inorgânica deste, é eventualmente encontrada em muitos materiais empregados na construção civil, como cerâmica vermelha (Figura 3), cimento Portland, agregados cerâmicos leves, entre outros.

Figura 3. Cerâmica Vermelha
Fonte: Google Imagens

Para a indústria civil, é utilizado o processo de coprocessamento de resíduos, que otimiza o resíduo sólido baseado nas especificações do processo de fabricação de cimento.

6. OBTENÇÃO DA CINZA PROVENIENTE DO LODO DE ESGOTO

O esgoto oriundo do processo de coleta das residências, passa através de um tratamento na ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), contando com uma fase líquida na qual a água retorna aos efluentes e a fase sólida, aonde conta com a ajuda de bactérias biodigestoras que transformam os sólidos em lodo, que sofre processos químicos para a sua desidratação e estabilização para a disposição final.

O resíduo então é levado ao aterro sanitário, aonde será depositado, todavia, a quantidade de lodo a ser depositada geralmente é maior do que a capacidade de armazenamento do aterro, surgindo então, como solução paliativa a incineração do lodo, o que reduz de 10 a 20% do volume total, e destina o mesmo para outros usos.

7. A CINZA DE LODO DE ESGOTO COMO ADITIVO NA PASTA DE ARGAMASSA

A sustentabilidade é um tema cada vez mais presente na indústria da construção civil, e pensando nisso, novos recursos, meios, métodos e tecnologias estão sendo amplamente estudados e aplicados buscando preservar o planeta para gerações futuras.

Pensando na conservação dos recursos vastamente extraídos de origem mineral para o emprego nas obras civis, urge pois, imperativamente, que os responsáveis pelas mesmas, busquem soluções imediatas e acertadas para a substituição destes recursos através do uso de outros, de grandeza ainda não mensurável corretamente, como a cinza de lodo de esgoto.

Conforme Chao *et al.*, a indústria cimenteira possui grande potencial para utilizar o lodo de esgoto, beneficiando-se de seu grande potencial econômico, financeiro e ambiental.

Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em sua pesquisa Nacional de Saneamento Básico, na data de 2008, apenas 45,7% dos domicílios estão conectados à rede de esgoto. Este dado é preocupante, uma vez que, mais da metade da população não possui uma destinação ideal, não podendo tratar de forma adequada este resíduo.

Conseguinte a isto, percebe-se a importância da coleta e correta destinação de um resíduo amplamente gerado pela população que está sendo, em partes, apenas destinado aos aterros. Este resíduo se corretamente incinerado (Figura 4), livre de quaisquer patologias provenientes de sua origem, é um excelente aliado na construção civil, pois possui propriedades pozolânicas e atua do mesmo modo como fíller, preenchendo vazios.

Figura 4. Cinza de Lodo de Esgoto
Fonte: Google Imagens

Para tanto, os novos profissionais, estão cada vez mais atentados à evolução, aplicando seus conhecimentos para o estudo da utilização da cinza de lodo de esgoto como aditivo na pasta de argamassa. Conforme Cybelle Luiza Barbosa Musse, em sua dissertação de pós-graduação, avaliando o uso da cinza de lodo de esgoto como adição em argamassa, obteve como resultado que a sua inclusão aumenta a resistência em função da idade em 37,44%.

Já para Cintia Maria Ariani Fontes, em sua tese de pós-graduação, aonde verificou as potencialidades do uso da cinza de lodo de esgoto como material suplementar, concluiu que a adição melhorou propriedades físicas e mecânicas e reduziu o consumo de cimento nas misturas.

A cinza de lodo de esgoto, vem sendo empregada na fabricação de blocos leves (Figura 5), filtros, sistemas de drenagem, produção de concretos e é excelente isolante térmico.

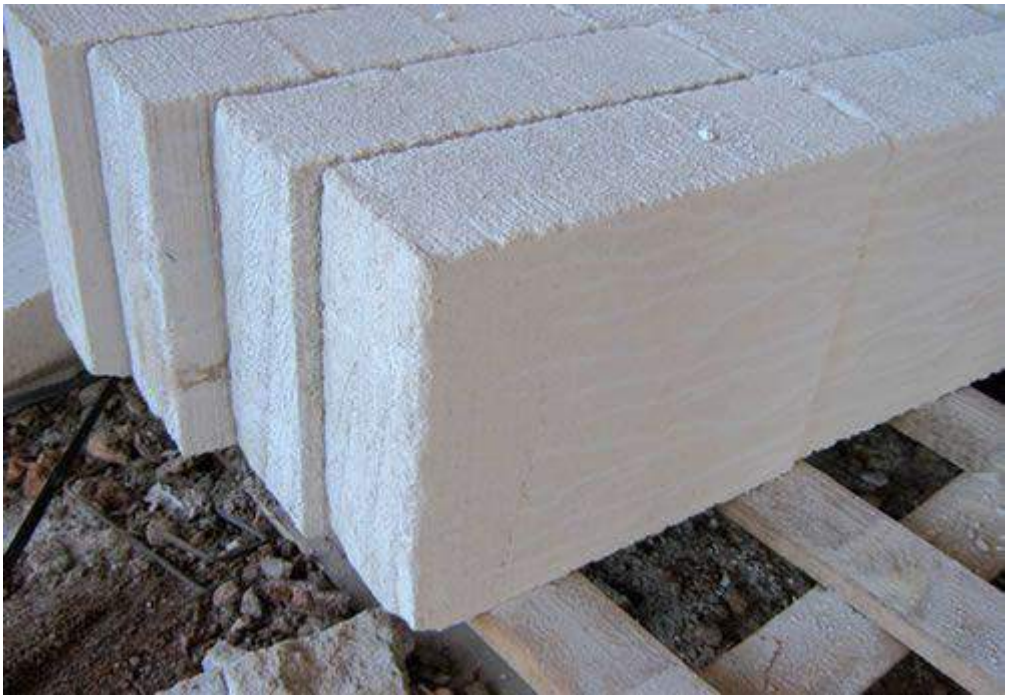


Figura 5. Blocos Leves
Fonte: Google Imagens

O seu uso como permuta no lugar do agregado miúdo (Figura 6), chega a substituir 30% da areia natural, mas pode comprometer a resistência aos 28 dias, se não for bem dosado, sendo assim, o mais indicado como teor ideal de adição é de 20%, desempenhando resultado satisfatório nos ensaios realizados.

Figura 6. Agregados Miúdos
Fonte: Google Imagens

Além de melhorar as propriedades e características finais, a cinza melhora também a trabalhabilidade e chega a reduzir a relação água cimento pois suas partículas causam efeito lubrificante. Reduz a fissuração por retração, resiste a temperaturas de 70 a 80ºC.

No aspecto econômico, se substituir o cimento portland por 20% da cinza de lodo de esgoto, a resistência a compressão aumenta, devido a sua atividade pozolânica, contudo o custo para a incineração do lodo ainda é alto e as leis ambientais sobre a emissão dos gases advindos da queima é bem rigorosa, por muitas vezes tornando inviável a popularização deste processo.

8. CONCLUSÕES

O lodo requerem reciclagens específicas, devido ao alto teor de material contaminante presente em sua composição.

Considerando o crescimento acelerado da população e a grande geração dos resíduos provenientes da estação de tratamento de esgoto, e visando seu grande potencial de utilização, ressalta-se a importância de usar deste recurso que atualmente não é bem aproveitado, sendo muitas vezes descartado em ambiente inadequado, devido ao seu grande volume e aos altos custos de incineração.

Diante do exposto, é necessário que se façam políticas públicas de incentivo ao beneficiamento e aplicação de resíduo, com vistas à sustentabilidade e a preservação dos recursos naturais.

Cabe ao usuário, o correto planejamento quanto ao manejo do resíduo, desde a logística até a destinação final, para que possa ser aproveitado sem nenhum risco aos expostos.

Conseguinte, destaca-se que o tema vem sendo amplamente aceito dentro da comunidade civil, a qual propende de forma positiva à esta solução, dirimindo dificuldades futuras caso este não seja tratado de forma acertiva em caráter urgente.

Nota-se que o emprego do lodo de esgoto para a indústria civil, só vem a trazer benefícios, assim como os supramencionados, tanto de caráter econômico, social e sustentável. Portando o seu uso faz-se mais que adequado, devendo ser estudo para outras aplicações.

9. REFERÊNCIAS

CHAO, I. R. S., IESS, J. J., 2004. *O potencial de utilização de lodo de tratamento de esgoto como redutor de poluentes atmosféricosna indústria cimenteira.* Artigo, Saneas.

IBGE, 2008. "Abrangência dos Serviços de Saneamento". 21 Julho de 2017
< http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm>.

FONTES, C. L. B., 2007. *Avaliação das Potencialidades da Cinza de Lodo de Esgoto da ETE Goiânia como adição mineral na produção de argamassa de cimento*. Pós-graduação. tese, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

JOHN, V. M., 2000. *Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.* Tese, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MUSSE, C. M. A., 2003. *Potencialidades da cinza de lodo de estações de tratamento de esgotos como material suplementar para a produção de concretos com cimento portland*. Pós-graduação. tese, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

ONAKA, T., 2000. *Sewage can make Portland cement: a new technology for ultimate reuse of sawage sludge.* Artigo, Water Science & Technology.

SANTOS, H. F., 2001. *Tecnologiasde uso útil do lodo dos esgoto.* Anais, Encontro técnico Associação dos Engenheiros da SABESP XII, São Paulo, São Paulo.

10. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PATOLOGIAS PROVENIENTES DA UMIDADE EM EDIFICAÇÕES

Drews, Pâmela
Souza, Marco Antonio Sampaio Ferraz de
URI - Universidade Regional Integrada - RS 331, nº 345, Bairro Demoliner, Erechim/RS
pamela.drews@yahoo.com.br, marco@uricer.edu.br

Resumo:. *O objetivo desde artigo é elucidar sobre as patologias que podem ser encontradas em edificações devido ao excesso de umidade que se encontra nas mesmas. Verifica-se a importância da correta impermeabilização das estruturas que podem sofrer com patologias, aprimorando técnicas na busca do conforto, segurança e durabilidade das construções.*

Palavras chave: *patologias, umidade, impermeabilização, conforto, durabilidade.*

1. INTRODUÇÃO

Desde o último século o termo patologia, vem sendo amplamente utilizado nas construções, fazendo analogia às enfermidades da medicina. Segundo Fernández (1988), patologia faz parte da engenharia que estuda os mecanismos, sintomas, as causas e as origens dos efeitos das obras. Em alguns casos, é possível fazer um diagnóstico das patologias simplesmente por técnica de visualização. Por outro lado, em determinadas situações é necessário verificar o projeto, analisar em detalhes como a obra foi executada e como a patologia reage a determinados estímulos. Dessa forma, é possível identificar as causas das patologias, propondo correções para não se manifestarem novamente, Nesse âmbito, estudam-se as consequências e causas dos danos causados às construções, como é o assunto deste artigo, a umidade. As origens da umidade são as mais diversas e suas formas de amenização ou tratamento seguem a mesma lógica, variando assim, para cada tipologia.

2. TIPOLOGIA

A umidade é um problema ocorrente desde 3000 a.C., aonde se tem indícios da impermeabilização da muralha da China, das pirâmides, sarcófagos e múmias, com betumes, óleos, entre outros. Souza *et al.* (2011).

Conforme Souza (2008, p.3) diz que:

> Conforme Perez (1985), umidade nas construções representa um dos problemas mais difíceis de serem corrigidos dentro da construção civil. Essa dificuldade está relacionada à complexidade dos fenômenos envolvidos e à falta de estudos e pesquisas. Essa carência ainda é percebida hoje, mais de 20 anos após a elaboração do trabalho do autor citado.

A umidade em edificações se manifesta de várias formas como umidades de construção, de precipitação, por capilaridade, entre outras.

A água possui um ciclo contínuo, que passa pelo vapor de água evaporado pelos oceanos, mares e outras superfícies hídricas, armazena-se nas nuvens e precipita-se. Segundo Souza e Ripper (1998), toda água é agressiva e sua agressividade aumenta quando ela se encontra em movimento, quando há variação do seu nível, apresenta temperatura superior a 45ºC, está poluída com produtos químicos ou quando incide sobre o peças de concreto delgadas. Verçoza (1987), descreve a água presente nas edificações como decorrente de goteiras de telhados e calhas, má qualidade na vedação de esquadrias ou ainda atravessa paredes por percolação. Ainda, Souza (2008), classificou a origem da umidade nas construções como: proveniente do material empregado (construções), oriundas das chuvas, provinda do solo, resultante de vazamentos de reservatórios e instalações hidráulicas, e de condensação.

A umidade proveniente da construção é aquela que se faz necessária durante a obra para melhor cura dos materiais empregados e geralmente desaparece ao término do processo. A chuva é o agente mais comum a gerar umidade (Figura 1), através da ação combinada do vento, a própria precipitação e a umidade relativa do ar. A água da chuva pode penetrar por componentes da alvenaria, juntas de assentamento dos caixilhos e fissuras, Juliani (2015, p.38). Ainda Juliani (2015, p.38), discorre sobre a penetração da água pelos componentes da alvenaria, especificando que a espessura, rugosidade, qualidade do tratamento superficial, detalhes da fachada, propriedades dos materiais, são os locais onde há formação de uma lâmina de água que encontra facilidade em seu caminho.

Figura 1. Umidade pela ação da água da chuva
Fonte: Portal DX

Por sua vez, a umidade por capilaridade (Figura 2), ou seja, a umidade ascensional que atinge a edificação, geralmente de 50 a 120 centímetros, através do solo pelos canais capilares dos materiais empregados: madeira, concreto, argamassa. Para Juliani (2015, p.80), a capilaridade depende da porosidade do material e da umidade do solo, variando em torno de 80 cm.

Para Souza *et al.* (2011, p 46), quando não há ventilação, a água é transportada gradualmente para cima, pois a construção tem contato direto com o terreno úmido. Como todo solo contém umidade, cuja mesma tem pressão suficiente para romper a tensão superficial, e essa aumenta quanto mais próxima do lençol freático, é comum o aparecimento de umidade por capilaridade em construções que encostam diretamente na terra.

Figura 2. Umidade por capilaridade
Fonte: Retrofitting

Para os vazamentos em redes de água e esgoto (Figura 3), fica um pouco mais complexo a identificação correta do local, visto que, a maioria destas redes estão cobertas pela construção.

Figura 3. Vazamento em Rede Hidráulica
Fonte: PET ENGENHARIA CIVIL

Já no processo de condensação (Figura 4), a água está depositada na superfície e não está infiltrada, o que ocorre nos processos anteriores. O processo de condensação depende do vapor de água e da temperatura, que são inversamente proporcionais, e acarretam o aparecimento do fenômeno, principalmente quando não há ventilação adequada dos locais, ou alta variação de temperatura externa, gerando perda de energia térmica, incidindo assim, o chamado ponto de orvalho.

Quanto menores os poros do material aplicado na construção, maior será a umidade por condensação. Souza *et al.* (2011, p 22)

Figura 4. Umidade por Condensação
Fonte: Fórum da Construção

2.1 Origens

A origem das patologias por infiltração são as mais diversas, mas estão relacionadas com problemas no projeto, descuidos, erros de cálculos de inclinações, falta de medidas protetivas, ventilação e iluminação. Igualmente, tem causas na execução, como caimento inadequado, falta de impermeabilização, vedações, anéis, juntas de dilatação, vergas e contravergas. Falta de manutenção das mesmas, falta de limpezas, não conserto de rachaduras, dobras, bloqueios de canais. E por fim, a escolha de materiais com baixa qualidade, ou não colocação dos materiais adequados a cada tipo de obra.

2.2 Implicações

O efeito da água da chuva aparece geralmente, em telhados, paredes e lajes de terraço. Apresentam-se em forma de mofo, manchas, gotejamento, corrosão das armaduras (Figura 5), lixiviação do concreto, descolamento de cerâmicas, desagregação do revestimento de forro.

Capilaridade identifica-se através do aparecimento de manchas, bolores e até musgo. Os revestimentos são degradados, há presença de descolamentos e bolhas.

Vazamentos em redes de água e esgoto são comumente encontrados em paredes, telhados, pisos, e terraços. Apresentam-se em forma de manchas, gotejamentos, escorrimento, degradação dos materiais de revestimento, descolamentos, desgaste na pintura, degradação dos blocos cerâmicos, lixiviação do concreto, presença de estalactites, fissuras nas paredes (Figura 6).

Na condensação, algumas condições fazem com que o local seja o ambiente ideal para o aparecimento de microrganismos, como falta de ventilação e iluminação adequadas, e eles alimentam-se de alguns materiais presentes nas edificações, ocasionando manchas, descolamentos, bolhas e desgastes, localizados em paredes, forros, pisos, fachadas, peças com pouca ventilação, como banheiros, cozinhas e garagens.

Figura 5. Corrosão de uma armadura por umidade.
Fonte: Portal Metálica

Figura 6. Descolamento de revestimento por expansão de umidade.
Fonte: Renato Sahade

2.3 Tratamentos

Na maioria das patologias, a prevenção é simples, e, se aplicada corretamente durante o projeto e a construção, como a impermeabilização, escolha apropriada de materiais, boa ventilação e insolação, execução de acordo com o projeto, evita os prejuízos anteriormente mencionados. Por outro lado, os tratamentos são dispendiosos e geralmente tratam-se de medidas paliativas.

Para a ação de infiltração causada pela chuva, é comum encontrar soluções como o uso de borrachas ou silicones para a vedação, mantas asfálticas, cristalização para a eliminação da umidade.

Os problemas ocasionados por capilaridade podem ser resolvidos com a aplicação de barreiras elétricas que expulsam a umidade criando um campo elétrico, utilização de argamassas micro porosas, utilização de tijolos especiais.

Os vazamentos em tubulações, é necessário encontrar o local exato para fazer o reparo, e após tratar o local afetado utilizando telas juntamente com a aplicação de argamassa flexível.

A condensação tem como tratamento a aplicação de pontes térmicas que diminuem o risco da condensação, melhoria na ventilação do local afetado, são algumas maneiras de tratamento paliativo.

3. CONCLUSÕES

As patologias provenientes da umidade em edificações ainda é um grande desafio para a construção civil. O presente artigo apresentou as origens, as várias formas de manifestação da umidade em edificações, assim como os cuidados e tratamentos que devem ser tomados desde a fase de projeto da obra. Conclui-se, portanto, que a importância em alcançar um maior tempo de vida das edificações através da qualidade dos materiais utilizados em todas as etapas da obra, em especial a etapa de impermeabilização, evitando que as patologias causadas por umidade danifiquem o patrimônio e venham comprometer a saúde das pessoas.

4. REFERÊNCIAS

FERNÁNDES CÁNOVAS, M. Patologia e terapia do concreto armado. São Paulo: Pini, 1998.
FORUM DA CONSTRUÇÃO. Patologias da Construção Civil. Elas existem!. 26 Julho de 2017 < http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=22&Cod=1312>.
JULIANI, M.A., Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. "Análise de Manifestações Patológicas em Condomínio Construído com Alvenaria Estrutural: Estudo de Caso". 28 Julho de 2017
PET ENGENHARIA CIVIL UFJF, 2014. "Patologias Causadas por infiltração em edificações". 25 Julho de 2017 <https://blogdopetcivil.com/2014/12/03/patologias-causadas-por-infiltracao-em-edificacoes/#jp-carousel-11831>.
PORTAL DX, 2017. "Com problemas de infiltração, prédio da câmara de vereadores será reformado". 03 Agosto de 2017. <http://www.portaldx.com.br/noticia/2658/com-problemas-de-infiltracao-predio-da-camara-de-vereadores-sera-reformado.html>.
PORTAL METÁLICA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2013. "Corrosão de Armaduras". 03 Agosto de 2017. < http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1123>.
RENATO SAHADE. "Deterioração de revestimentos argamassados por reação de expansão por sulfato ". 03 de Agosto de 2017. < http://renatosahade.eng.br/i-workshop-luso-brasileiro-de-engenharia-diagnostica/>.
RETROFITTING, 2012. "Reforma – Umidade Ascendente". 25 Julho de 2017 < https://retrofiting.wordpress.com/2012/03/23/reforma-umidade-ascendente/>.
SOUZA, F. C. DE.; PASCOAL, I. R.; BOASQUIVES, V. B., Universidade Vale do Rio Doce, 2011. "Impermeabilizações de Lajes com o Uso de Manta Asfáltica". 28 Julho de 2017
SOUZA, M. F. de, 2008. *Patologias Ocasionadas pela Umidade nas Edificações.* Belo Horizonte.
SOUZA, V. C.; RIPPER, T, 1998. *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto.* São Paulo. PINI.
VERÇOZA, E. J., 1987. *Impermeabilização na construção.* 2ª ed. Porto Alegre: Sagra, p. 151.

5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE A INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PRISMAS DE BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS

Paulo Roberto Dutra
Giovani Jordi Bruschi
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
paulo_rdutra@outlook.com | gio.bruschi@gmail.com

Gilson Francisco Paz Soares
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gilsonfps@uricer.edu.br

Resumo. *A alvenaria estrutural é um sistema construtivo bastante versátil, que pode ser utilizado na construção de desde habitações populares até edifícios de elevado padrão e de múltiplos pavimentos. Assim, tendo em vista o severo controle de qualidade a que o sistema deve estar submetido, o presente trabalho tem como objetivo principal investigar o grau de influência da espessura da argamassa de assentamento no comportamento mecânico da alvenaria estrutural. Para isso, foram confeccionados prismas de dois blocos assentados com juntas de argamassa de espessura variáveis (abaixo, dentro e acima dos limites especificados por norma). A resistência à compressão da argamassa de assentamento foi fixada inicialmente em 70% da resistência característica à compressão do bloco. Anteriormente à confecção dos prismas, procedeu-se à caracterização geométrica, física e mecânica do bloco cerâmico, sendo observada uma adequada compatibilidade entre os resultados obtidos e as recomendações normativas. Após o período de cura de 28 dias, os prismas produzidos foram avaliados quanto à resistência à compressão. Verificou-se que, para espessuras próximas aos limites propostos por norma, há uma queda no desempenho mecânico à medida que aumenta a espessura da junta de argamassa de assentamento.*

Palavras-chave: *alvenaria estrutural, comportamento mecânico, resistência à compressão.*

1. INTRODUÇÃO

Utilizada desde os primórdios da humanidade, a alvenaria estrutural somente começa a recuperar seu prestígio de outrora a partir da segunda metade do século XX, com o término da Segunda Guerra Mundial e o processo de reconstrução das áreas afetadas pelo combate. Hoje, o sistema construtivo encontra-se em plena expansão, chegando a disputar terreno com as estruturas de concreto armado em algumas situações.

A alvenaria requer um rígido controle de qualidade, visto que falhas de projeto e de execução podem conduzir a danos irreversíveis da estrutura e, em casos mais extremos, levá-las à ruína. Portanto, é imprescindível o adequado conhecimento sobre as características e as propriedades dos materiais de construção, em especial o desempenho mecânico, com a finalidade de melhorar a eficiência global das obras, reduzindo custos e passivos ambientais decorrentes do uso inadequado de matéria-prima.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A alvenaria estrutural não armada é composta basicamente pelos seguintes componentes: unidades e argamassa. Em relação às unidades, são mais utilizadas as unidades de concreto, unidades cerâmicas e unidades sílico-calcárias (RAMALHO E CORRÊA, 2003). De acordo com Isaia (2010), a argamassa de assentamento deve possuir as seguintes funções: unir as unidades de alvenaria, formando um conjunto capaz de resistir aos esforços a que a estrutura estiver sujeita; selar juntas verticais e horizontais; absorver as deformações da alvenaria; e distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede.

Dentre os fatores que interferem na resistência à compressão da alvenaria, a resistência à compressão da unidade é o elemento mais representativo. A argamassa é o componente mais frágil da alvenaria, sendo que um aumento na espessura da junta de assentamento resulta em queda na resistência à compressão. De acordo com a NBR 15812:2 (ABNT, 2010),

a espessura da camada de assentamento deve ser de 10±3 mm, o que, segundo Ramalho e Corrêa (2003), não permite o contato entre os blocos ou que o confinamento da argamassa seja reduzido, tornando-a mais suscetível à ruptura.

Tanto a espessura quanto a resistência da argamassa de assentamento tem sido tema de estudos, com o objetivo de compreender o real comportamento da alvenaria estrutural em função da natureza de seus materiais constituintes.

Carvalho (2003) avaliou em seu estudo os efeitos da altura do bloco, traço da argamassa, espessura de junta, número de fiadas, formas de assentamentos e deformações e formas de ruptura. Quando a espessura foi alterada de 10 mm para 25 mm, observou-se uma redução de até 28% na resistência dos prismas.

Lima (2010) analisou a influência da espessura e da resistência da argamassa de assentamento no desempenho mecânico de prismas de blocos cerâmicos. Mantendo-se constante a espessura da argamassa de assentamento, um incremento da resistência à compressão da argamassa implicou aumento na resistência mecânica. O aumento da espessura da argamassa de assentamento, por sua vez, reduziu a resistência à compressão do conjunto.

3. METODOLOGIA

Diversos pesquisadores sugerem a confecção de prismas com três blocos de altura a fim de mitigar o efeito do confinamento induzido pelos pratos da prensa. Entretanto, optou-se pelo emprego de prismas de dois blocos, conforme as recomendações normativas. Foram produzidos prismas de dois blocos de altura, cuja determinação do desempenho mecânico deu-se por meio da tensão de ruptura à compressão, variando-se as espessuras da argamassa de assentamento, sendo elas: 2 mm e 5 mm (abaixo do especificado pela norma), 10 mm (dentro dos limites propostos pela norma), 17 mm e 20 mm (acima dos limites da norma). Para cada espessura de análise, quatro corpos de prova foram moldados e ensaiados. Em um segundo momento, avaliar-se-á a influência da resistência da argamassa de assentamento, a qual foi definida como 20%, 70% e 150% da resistência característica à compressão do bloco cerâmico.

Conforme a NBR 15270:3 (ABNT, 2005), determinaram-se as características geométricas (dimensões efetivas das faces, espessura dos septos e paredes externas, desvio em relação ao esquadro e planeza das faces, área bruta e área líquida), físicas (massa seca e índice de absorção de água) e mecânicas (resistência característica à compressão) para uma amostra de treze blocos selecionados aleatoriamente.

No que se refere às características mecânicas (principal etapa da caracterização), efetuou-se, primeiramente, a regularização das faces de trabalho dos corpos de prova com uma argamassa industrializada de resistência igual a 10 MPa, superior à resistência do bloco cerâmico na área bruta, igual a 7 MPa. O capeamento foi realizado em duas etapas, aguardando-se 24 h para o endurecimento da argamassa de uma das faces para então realizar o procedimento na superfície oposta. Após o endurecimento da argamassa de capeamento de ambas as faces, os blocos foram imersos em água durante um período de 6 h e então ensaiados à compressão na condição saturada.

Os prismas confeccionados foram capeados e acondicionados em câmara climatizada, onde permaneceram em cura seca por um período de 28 dias. Na etapa seguinte, verificou-se a resistência à compressão dos prismas produzidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos no programa experimental são apresentados nesta seção. Inicialmente, são feitas considerações sobre os ensaios realizados para a caracterização do bloco cerâmico estrutural utilizado e, na sequência, seguem análises referentes ao comportamento mecânico dos prismas na ruptura.

4.1 Características dos blocos cerâmicos

A definição da geometria do bloco compreende cinco diferentes etapas: determinação das dimensões efetivas das faces, determinação da espessura dos septos e paredes externas dos blocos, determinação do desvio em relação ao esquadro (D), determinação da planeza das faces (F) e, por fim, aferição da área bruta (Ab) e área líquida (Alíq).

A área bruta do bloco é obtida pelo produto de seu comprimento por sua largura e expressa em cm². Já para determinação da área líquida, após 24 h, os blocos cerâmicos estruturais foram pesados imersos em água (massa aparente), enxugados superficialmente e pesados imediatamente (massa saturada). Paralelamente à determinação da área líquida das unidades, também foram realizados ensaios para a mensuração da massa seca e do índice de absorção de água.

A NBR 15270:2 (ABNT, 2005) estabelece uma relação entre as dimensões efetivas e as nominais, estabelecendo tolerâncias dimensionais máximas de ±5 mm, para as medições individuais, e de ±3 mm, em relação à média. Quanto aos septos e paredes externas, as espessuras mínimas recomendadas são, respectivamente, 7 mm e 8 mm. Tanto o desvio em relação ao esquadro quanto a planeza das faces devem ser no máximo 3 mm. Constata-se que, mediante caracterização geométrica, o lote inspecionado seria aceito.

Do mesmo modo, a norma recomenda que o índice de absorção de água não seja inferior a 8% nem superior a 22%. Os valores encontrados (Tab. 1) situam-se dentro dos limites estabelecidos, com baixa variabilidade dos dados, denotada pelo baixo coeficiente de variação.

Tabela 1. Características geométricas e físicas dos blocos cerâmicos.

Largura (cm)	13,77
Altura (cm)	18,95
Comprimento (cm)	28,97
Área bruta (cm²)	397,72
Área líquida	165,40
Índice de absorção de água (%)	13,52

A caracterização mecânica do bloco cerâmico dividiu-se em dois estádios: regularização das faces de trabalho dos corpos de prova e ensaio à compressão, como ilustra a Fig. 1.

-

Figura 1. Capeamento e ensaio à compressão dos blocos cerâmicos.

A resistência característica estimada da amostra deve ser considerada a partir de 3 MPa, em relação à área bruta. De acordo com a NBR 15270:2 (ABNT, 2005), pode ser calculada pela Eq. (1).

$$f_{bk,est} = \left[\frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \cdots f_{b(i-1)}}{i-1}\right] - f_{bi} \quad (1)$$

onde
$fbk,_{est}$: resistência característica estimada da amostra, em MPa;
$fb_{(1)}$, $fb_{(2)}$, ..., fb_i: valores de resistência à compressão individual dos corpos de prova da amostra, ordenados crescentemente;
i: n/2, se n for par;
i: (n-1)/2, se n for ímpar;
n: quantidade de blocos da amostra.

Para uma amostra de 13 corpos de prova, calculou-se o $f_{bk,est}$ e, em seguida, foi feita a seguinte análise:

a) Se $fbk,_{est} > f_{bm}$ (média da resistência à compressão dos corpos de prova da amostra), f_{bm} é adotado como a resistência característica do lote (f_{bk});
b) Se $fbk,_{est} < Ø \times f_{b(1)}$ (menor resistência à compressão dos corpos de prova da amostra), o f_{bk} é dado pela expressão $Øxf_b(1)$, onde Ø varia em função da quantidade de blocos (Ø é igual a 0,99 para uma amostra contendo 13 blocos);
c) Se $f_{bk,est}$ estiver entre os dois limites (Ø x $f_{b(1)}$ e f_{bm}), adota-se este valor como resistência característica à compressão (f_{bk}).

Os valores de resistência à compressão individual de cada bloco (f_{bi}), assim como da resistência média (f_{bm}) e da resistência característica à compressão (f_{bk}), são apresentados na Tab. 2.

Observa-se que apenas dois blocos atingiram valores de resistência superiores a 7 MPa, valor informado pelo fabricante. Ainda assim, apenas um bloco resistência abaixo de 5 MPa, o que definiu a resistência característica da amostra como 4,85 MPa. Isso decorre em razão da formulação utilizada para o cálculo da resistência característica estimada considerar os menores valores de resistência.

Tabela 2. Resistência à compressão, em relação à área bruta, dos blocos cerâmicos.

Corpo de prova	**Resistência à compressão em relação à área bruta (MPa)**
1	6,34
2	6,90
3	4,88
4	5,76
5	5,40
6	7,09
7	6,00
8	6,50
9	5,96
10	7,30
11	5,35
12	6,51
13	5,62
Média (MPa)	6,12
Desvio padrão (MPa)	0,73
Coeficiente de variação (%)	11,88
***fbk, est* (MPa)**	4,85
***fbk* (MPa)**	4,85

4.2 Ensaio dos prismas à compressão

Uma vez definida a resistência característica à compressão do bloco cerâmico estrutural, ficaram igualmente definidas as resistências das argamassas de assentamento a serem adquiridas (2 MPa, 4 MPa e 8 MPa), correspondentes a, respectivamente, 41,24%, 82,47% e 164,95% da resistência característica do bloco.

Serão moldados quatro corpos de prova para cada combinação espessura-resistência da argamassa, totalizando sessenta amostras. Entretanto, neste estágio, foram confeccionados e ensaiados os prismas referentes à argamassa de 4 MPa, considerando as cinco espessuras de análise (Fig. 2).

Figura 2. Confecção dos prismas, assentados com diferentes espessuras de junta de argamassa de assentamento.

Os prismas foram ensaiados à compressão à idade de ensaio de 28 dias, cujos valores de resistência individual são apresentados na Tab.3. Para a maior parte das espessuras de análise, o conjunto apresentou média dispersão, sendo consideradas homogêneas as amostras referentes aos prismas com espessuras de 5 mm e 20 mm. Devido ao reduzido número de corpos de prova, nenhum corpo de prova foi descartado.

Tabela 3. Resistência à compressão dos prismas.

Denominação	I-4	II-4	III-4	IV-4	V-4
Espessura da junta de argamassa de assentamento (mm)	2	5	10	17	20
Resistência à compressão (MPa)	4,33	5,68	3,49	3,84	4,07
	3,19	5,02	3,87	2,16	4,07
	4,18	5,76	2,03	2,67	3,84
	2,62	5,71	3,33	2,89	4,89
Média (MPa)	3,58	5,54	3,18	2,89	4,22
Desvio padrão (MPa)	0,70	0,30	0,69	0,61	0,40
Coeficiente de variação (%)	19,64	5,49	21,82	21,13	9,47

A Fig. 3 mostra a variação da resistência à compressão dos prismas em função da espessura da junta de assentamento. O melhor desempenho foi obtido para a espessura de 5 mm, enquanto que os menores resultados foram associados à espessura de 17 mm.

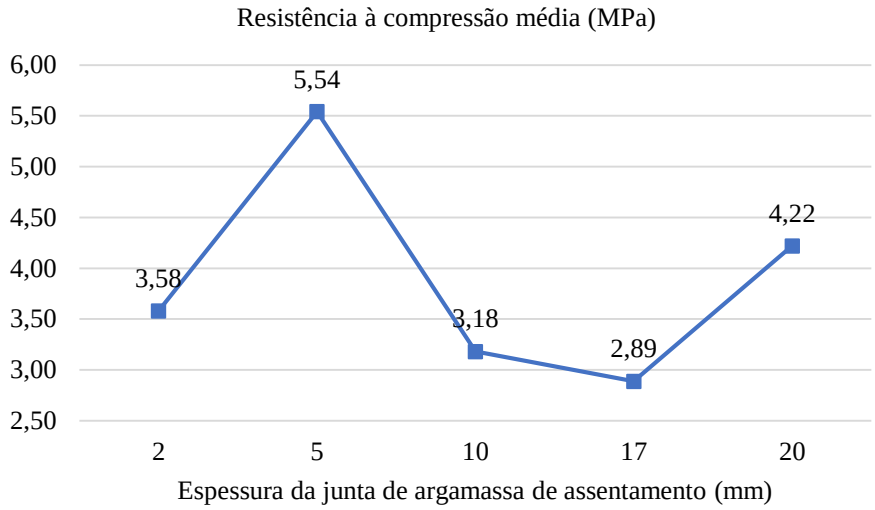


Figura 3. Influência da espessura da argamassa na resistência à compressão média dos prismas.

Em termos percentuais, os prismas com espessura de junta igual a 2 mm, 5 mm e 20 mm apresentaram um ganho de resistência da ordem de 11%, 43% e 25%, em relação à espessura de 10 mm. Por outro lado, quando a espessura passa de 10 mm para 17 mm, a queda de desempenho observada é de em torno de 10%.

Para as espessuras mais próximas ao do limite estabelecido pela NBR 15812:2 (ABNT, 2010), os resultados apontam para queda na resistência à compressão com o aumento da espessura da junta. Neste caso, para as espessuras estudadas, conclui-se que uma junta de argamassa com espessura de 5 mm é capaz de absorver as deformações da alvenaria e, ao mesmo tempo, assegurar o confinamento da argamassa, impedindo a sua ruptura prematura.

4.3 Análise estatística

Através de uma análise de variância, com 95% de confiança, pôde-se depreender que a espessura da junta da argamassa de assentamento é um fator determinante para a resistência à compressão dos prismas de blocos cerâmicos. Ainda assim, a variação foi mais significativa para os prismas com espessuras de 2 mm e 5 mm e entre os prismas com espessuras de 5 mm, 10 mm e 17 mm.

4.4 Modo de ruptura dos prismas

Quanto ao modo de ruptura, os prismas com menor espessura de junta apresentaram ruptura por tração do bloco. Uma vez que a argamassa se deforma mais do que os blocos cerâmicos, surgem tensões de tração transversais nos blocos. A ruptura à tração ocorre devido à baixa resistência à tração dos blocos utilizados.

À medida que aumenta a espessura da junta de argamassa, verifica-se ruptura por tração em alguns pontos localizados do bloco e ruptura por esmagamento da argamassa. Quando a resistência à compressão atinge a resistência à compressão da argamassa confinada, ocorre a ruptura por esmagamento, com a propagação de trincas verticais e esfacelamento nos prismas, no todo ou em parte, conforme mostra a Fig. 4.

Figura 4. Ruptura por tração no bloco e esmagamento da argamassa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A influência da espessura da junta da argamassa de assentamento na resistência à compressão dos prismas mostrou-se bastante significativa, sendo que para espessuras maiores e menores há queda na resistência do prisma, comportamento verificado para espessuras próximas à espessura-padrão de 10 mm.

Observou-se que o modelo de ruptura está relacionado com a espessura da junta. A ruptura por tração no bloco está associada a menores espessuras enquanto que maiores espessuras da junta conduzem à ruptura por esmagamento da argamassa. Desse modo, pode-se concluir que há uma perda na capacidade da argamassa de absorver as deformações com o acréscimo de espessura da junta horizontal e, consequentemente, queda no desempenho mecânico da alvenaria.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa PIIC/URI pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

7. REFERÊNCIAS

ABNT, 2005. *NBR 15270:2: Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Terminologia e requisitos*. Rio de Janeiro, Brasil.

_____, 2005. *NBR 15270:3: Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio*. Rio de Janeiro, Brasil.

_____, 2010. *NBR 15812:2: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos. Parte 2: Execução e controle de obras*. Rio de Janeiro, Brasil.

Carvalho, J.M., 2003. *Desempenho estrutural de prismas de blocos cerâmicos com diferentes formas e dimensões*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Isaia, G.C., 2010. *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia dos materiais*. IBRACON, São Paulo, 2010.

Ramalho, M., Corrêa, M.R.S., 2003. *Projeto de edifícios de alvenaria estrutural*. Pini, São Paulo, 1 ed.

de Lima, A.N., 2010. *Análise experimental da influência da resistência e espessura da argamassa de assentamento no desempenho mecânico de prismas de blocos cerâmicos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Brasil.

8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS APLICADO À ANÁLISE DE ESTRUTURAS ISOSTÁTICAS SIMPLES

Paulo Roberto Dutra
Giovani Jordi Bruschi
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
paulo_rdutra@outlook.com | gio.bruschi@gmail.com

Gilson Francisco Paz Soares
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
gilsonfps@uricer.edu.br

Resumo. *O ensino de técnicas vinculadas à simulação numérica e ao Método dos Elementos Finitos não se constitui em uma prática recorrente nas instituições de ensino superior, o que, de certa maneira, dificulta o acesso do estudante a uma importante ferramenta auxiliar na resolução de problemas de engenharia. Desse modo, procurou-se analisar a potencialidade da utilização de Engenharia Assistida por Computador (CAE) para a análise de estruturas isostáticas simples, com o propósito de colaborar para a popularização dessa ferramenta no meio acadêmico. Para isso, propôs-se um modelo de viga engastada em uma extremidade e livre em outra, além de uma treliça simples, para as quais foram obtidos os diagramas de força cortante, momento fletor e força normal, medidas da deflexão ao longo do eixo longitudinal e a distribuição de tensões normais de flexão. Os resultados analíticos foram obtidos com a utilização do software Ftool e, posteriormente, comparados com os dados de saída do Ansys Workbench, programa utilizado para a análise numérica. De modo geral, observou-se uma adequada compatibilidade entre os valores, o que viabiliza a adoção de métodos computacionais, auxiliando na resolução de problemas ou mesmo substituindo o método analítico em situações de maior complexidade.*

Palavras-chave: *simulação numérica, problemas de engenharia, Engenharia Assistida por Computador.*

1. INTRODUÇÃO

Para o projeto de qualquer estrutura, são utilizados os métodos da estática a fim de determinar as forças que agem sobre os vários elementos, bem como em seu interior. Em função das cargas externas e das reações de apoio, os esforços solicitantes internos são determinados a partir das equações de equilíbrio e convenientemente apresentados em diagramas. De particular interesse, o momento fletor e a força cortante, presentes na maior parte das estruturas, são parâmetros importantes para a determinação de tensões e deformações devido à flexão e ao cisalhamento.

O Método dos Elementos Finitos (MEF), por sua vez, tem sido utilizado principalmente no desenvolvimento de produtos industriais, com vista a prever possíveis falhas de funcionamento e corrigi-las, o que representa o conceito de engenharia preditiva ou engenharia preventiva. No âmbito da Engenharia Civil, o método pode ser empregado para aferição das forças internas (força normal, força cortante e momento fletor) que agem sobre uma estrutura, determinação de tensões e deformações.

Assim, o objetivo do trabalho constitui-se em estudar o comportamento mecânico de uma viga isostática em balanço através do MEF, de modo a contribuir para a sua posterior utilização prática e, ao mesmo tempo, introduzir seus usuários no campo da Engenharia Auxiliada por Computador (CAE).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, são apresentados, resumidamente, alguns tópicos importantes referentes à análise de vigas e treliças isostáticas e ao Método dos Elementos Finitos, necessários para o correto entendimento da análise numérica.

2.1 Análise estrutural

As treliças têm sido adotadas como soluções práticas e, ao mesmo tempo, econômicas para estruturas típicas de engenharia, sobretudo pontes e telhados. Segundo Hibbeler (2005), uma treliça é formada por elementos relativamente

delgados ligados entre si pelas extremidades, em que as forças externas atuam em um único plano, o que justifica uma análise bidimensional. O método dos nós pode ser empregado para determinar as forças internas que atuam sobre a treliça. Em suma, consiste em assegurar o equilíbrio estático da estrutura por meio do equilíbrio de cada nó em particular, desde que apenas duas forças incógnitas estejam envolvidas no problema. A disposição de pinos e barras em uma treliça simples permite encontrar um nó que esteja sujeito a apenas duas forças de intensidade desconhecida. Após definidos, os valores podem ser transferidos para os demais nós, até que todas as variáveis sejam definidas

Já as vigas são barras longas prismáticas e retas, projetadas para suportar cargas localizadas em pontos distintos ao longo de sua extensão, especialmente tensões de flexão e tensões cisalhantes. De modo geral, são classificadas de acordo com o tipo de vinculação, sendo as vigas isostáticas mais comuns: simplesmente apoiada, simplesmente apoiada em balanço e em balanço (Fig. 1).

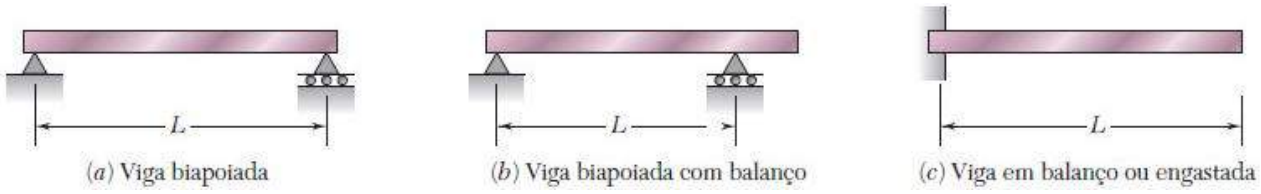


Figura 1. Exemplos de vigas estaticamente determinadas (Beer e Johnston, 2011).

Devido a solicitações externas, as vigas desenvolvem esforços internos, como a força cortante (V) e o momento fletor (M), os quais assumem distintos valores de acordo com o local de análise. O momento fletor provoca tensões normais na seção transversal enquanto que a força cortante provoca tensões de cisalhamento na seção. Portanto, para o correto dimensionamento da estrutura, necessita-se identificar a variação dos esforços ao longo da viga, especialmente os valores máximos de M e V. Os diagramas de força cortante e momento fletor expressam esses parâmetros em função de qualquer posição arbitrária ao longo de toda a extensão da viga.

Admitindo-se que a seção transversal permanece plana após a aplicação de um momento fletor, um lado da viga fica submetido à tração (abaixo da linha neutra) enquanto que o outro fica submetido à compressão (acima da linha neutra). A linha neutra, que coincide com o centroide da área da seção transversal, é o lugar geométrico onde a tensão normal atuante é nula (Beer e Johnston, 2011).

2.2 Deflexão em vigas

De acordo com Hibbeler (2005), a linha elástica pode ser definida como o diagrama da deflexão do eixo longitudinal que passa pelo centroide de cada área da seção transversal da viga. O esboço da viga defletida fica facilmente definido por seu diagrama de momento fletor: um momento positivo curva a viga com a concavidade voltada para cima enquanto que para um momento negativo a concavidade é voltada para baixo.

Matematicamente, a deflexão da linha elástica pode ser determinada a partir de integração sucessiva das funções carga distribuída (w(x)) e força cortante (V(x)). Entretanto, por conveniência, procura-se trabalhar com a função momento fletor (M(x)), descrita pela Eq. (1), uma vez que apenas duas constantes de integração precisam ser avaliadas.

$$EI\frac{d^2v}{dx^2}=M(x) \tag{1}$$

As constantes de integração podem ser determinadas a partir das condições de contorno, valores conhecidos de inclinação e/ou deflexão em um ponto da viga (Fig. 2). Para vigas com mais de um trecho, também são utilizadas as condições de continuidade, as quais estabelecem que duas regiões adjacentes compartilham um ponto em comum, com os mesmos valores para inclinação e deflexão.

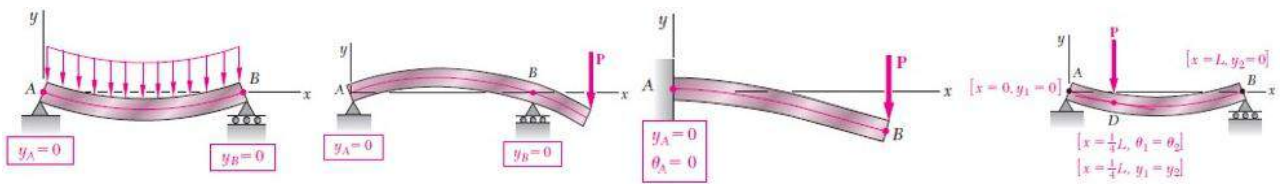


Figura 2. Condições de contorno e de continuidade para vigas isostáticas (Beer e Johnston, 2011).

2.3 Método dos Elementos Finitos (MEF)

O uso de formulações e equações analíticas fechadas somente é aplicável a estruturas com geometria simples, carregamento e condições de contorno idealizados. Em caso contrário, a análise analítica é substituída pela análise numérica, que fornece soluções aproximadas, porém com precisão adequada ao problema de engenharia. Por isso, o Método dos Elementos Finitos, originalmente concebido para a análise de estruturas de aeronaves, tem sido largamente utilizado em problemas de mecânica estrutural, transmissão de calor, engenharia hidráulica, engenharia nuclear e engenharia biomédica, por exemplo (RAO, 2011).

Cook et. al (2002) apresenta algumas vantagens decorrentes da análise por meio de elementos finitos: aplicabilidade a qualquer problema de campo (transferência de calor, análise de tensões, por exemplo); não há restrição quanto à geometria, condições de contorno e carregamento; a estrutura de elementos finitos assemelha-se bastante ao corpo analisado; o grau de acurácia requerido pode ser alcançado com pequenas modificações na malha.

A ideia principal do MEF é encontrar a solução de um problema de maior complexidade substituindo-o por outro mais simples. Desse modo, o método pressupõe a subdivisão da geometria em um número finito de elementos interconectados entre si. A partir da compreensão do comportamento de cada elemento discretizado, pode-se estimar o provável comportamento da estrutura por meio da resolução de equações algébricas simultâneas (ALVES FILHO, 2013).

O processo de discretização exige alguma experiência e conhecimento. Quanto mais refinada for a malha de elementos finitos mais a solução obtida aproxima-se da solução exata, no entanto às custas de maior esforço computacional.

3. METODOLOGIA

Para o presente estudo, idealizou-se uma viga de aço isostática em balanço, além de uma treliça simples, como exemplificado na Fig. 3. A viga possui seção transversal retangular de 20 cm x 40 cm, enquanto que a treliça possui seção transversal quadrada de 20 cm. O módulo de elasticidade longitudinal E foi tomado como igual a 200 GPa e o coeficiente de Poisson ν igual a 0,32.

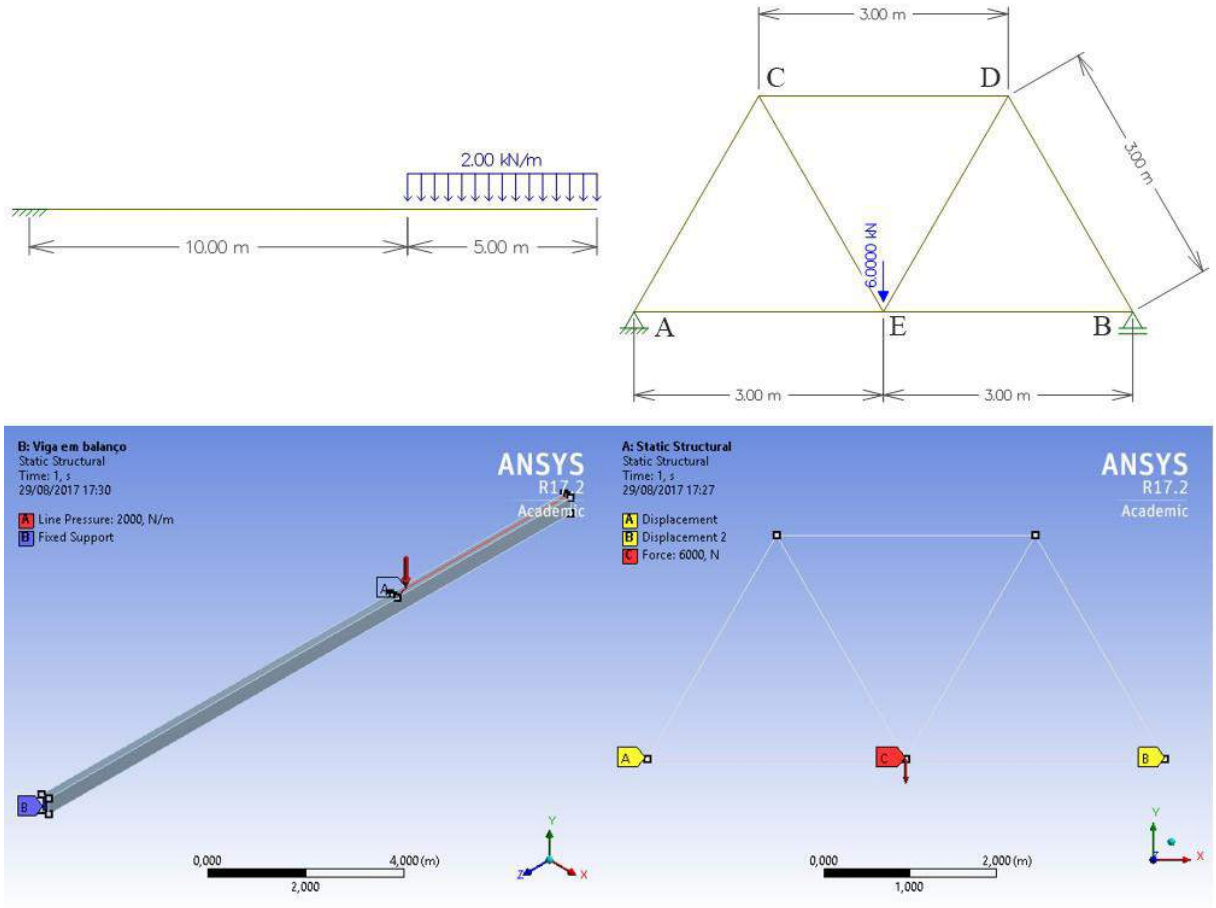


Figura 3. Modelagem nos *softwares* Ftool e Ansys Workbench.

Inicialmente, o software Ftool foi utilizado para a análise do modelo estrutural e obtenção de diagramas de momento fletor, força cortante e configuração deformada das estruturas. Em um segundo momento, a análise estática deu-se através do Método dos Elementos Finitos, com a utilização do software Ansys Workbench. Além da determinação das deflexões e dos esforços internos, também foram avaliadas as tensões de flexão decorrentes das solicitações a que a estrutura está sujeita. Posteriormente, os resultados foram comparados entre si, a fim de averiguar a eficácia e a acurácia advinda da utilização de uma análise por elementos finitos em detrimento a uma abordagem analítica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a configurações das propriedades geométricas e mecânicas dos modelos no *Ftool*, obtiveram-se os diagramas referentes aos esforços solicitantes internos de cada estrutura (Fig. 4).

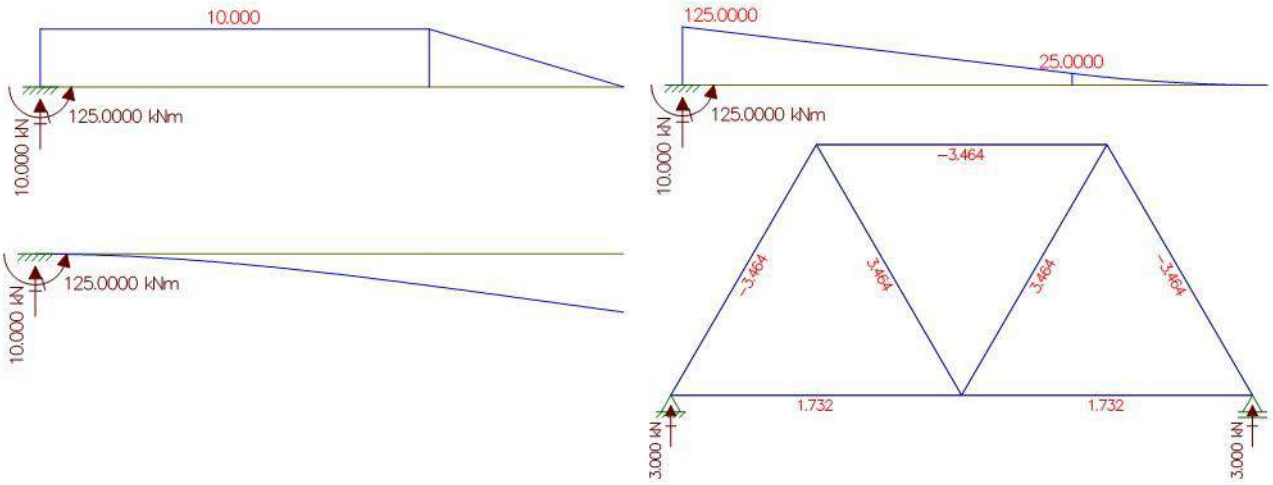


Figura 4. Valores retornados pelo *software* Ftool para a viga e a treliça em análise.

O Método dos Elementos Finitos compreende três etapas distintas: pré-processamento (definição da geometria, material e propriedades, malha, condições de contorno e ações externas), análise numérica e pós-processamento (apresentação dos dados em forma de tabelas e gráficos). Na prática, isso configura uma sequência predefinida de passos em uma interface unificada, o que também é válido para o Ansys Workbench.

Os diagramas obtidos na fase de pós-processamento de dados são apresentados na Fig. 5 enquanto que a Fig. 6 descreve a distribuição de tensões no elemento estrutural em termos de tensão equivalente de von-Mises para a viga e em termos de tensão normal para a treliça.

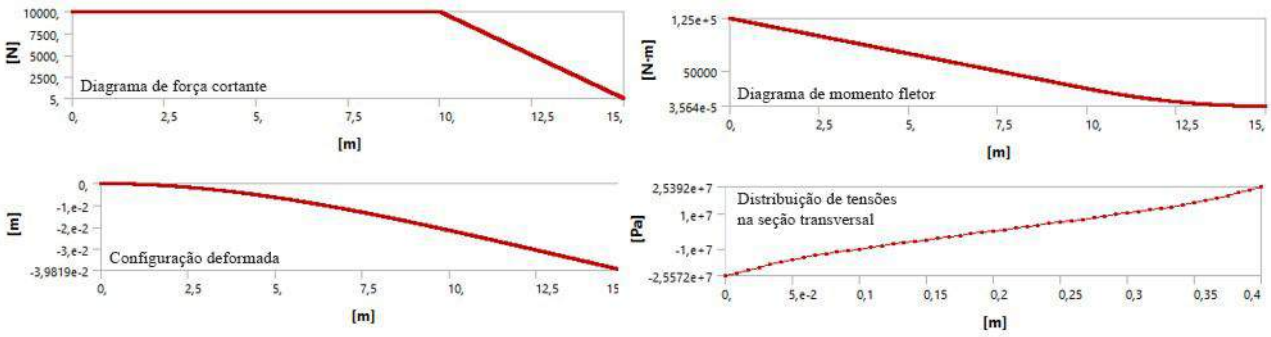


Figura 5. Valores retornados pelo *software* Ansys para a viga em análise.

Em comparação com os diagramas de esforço cortante e de momento fletor e deflexão da linha elástica retornados pelo Ftool, os resultados gráficos do Ansys Workbench fornecem uma adequada precisão ao problema em análise, sendo praticamente similares aos valores dos esforços analíticos que atuam sobre a viga.

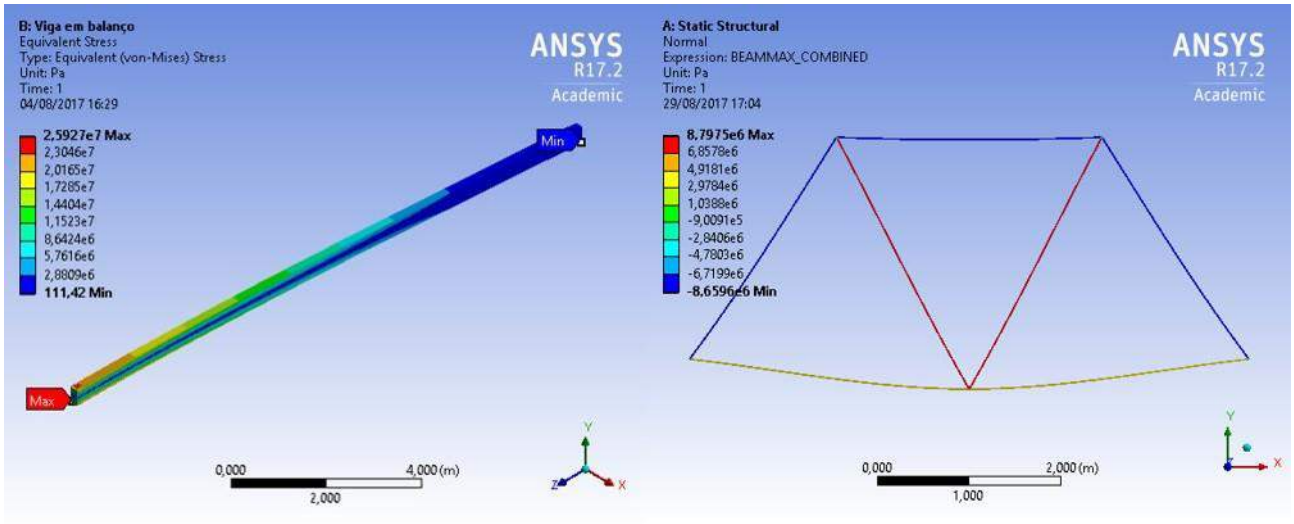


Figura 6. Distribuição de tensões na viga e na treliça em análise.

A tensão normal máxima atuante na viga, calculada de acordo com os preceitos da Mecânica dos Sólidos, é numericamente igual a 23,4375 MPa. Nesse sentido, a análise numérica (denotada pelos máximos valores de tensão e pela distribuição de tensões ao longo da altura da seção transversal) aproxima-se suficientemente dos valores reais.

Já para a determinação das forças normais atuantes sobre a treliça, a tensão normal média de cada barra foi multiplicada pela área da seção transversal, cujos são resultados são apresentados na Tab. 1.

Tabela 1. Tensões e forças normais atuantes sobre as barras da treliça.

Barra	Tensão Normal (MPa)	Força Normal (kN)	Força Normal (kN)
AC	-8,51	-3,40	-3,46
AE	4,45	1,78	1,73
CE	8,63	3,45	3,46
CD	-8,52	-3,41	-3,46
DE	8,63	3,45	3,46
BE	4,45	1,78	1,73
BD	-8,51	-3,40	-3,46

Quando expressos em um gráfico de barras (Fig. 7), os resultados mostram-se bastante compatíveis para todas as barras da treliça, o que valida a utilização do Ansys Workbench para a análise desse tipo de problema.

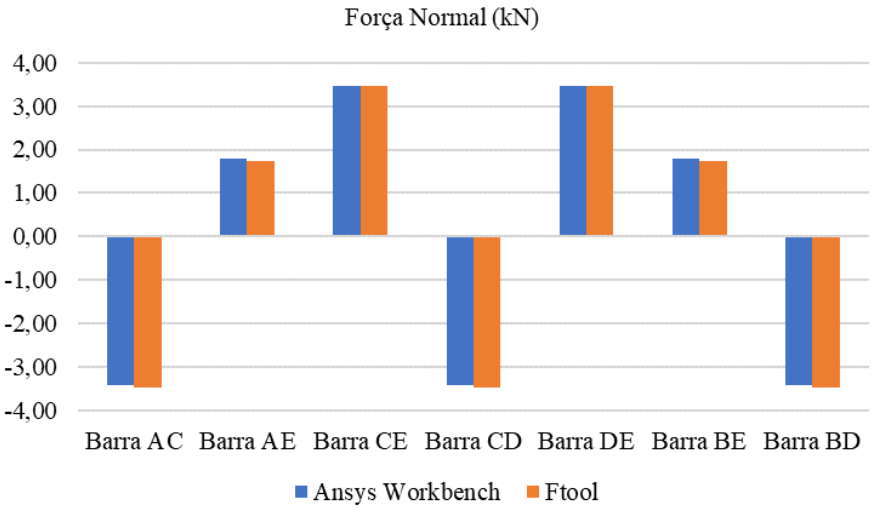


Figura 7. Comparativo entre Ansys Workbench e Ftool, para força normal (kN).

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para os dois métodos de análise mostraram-se bastante coerentes, o que corrobora a utilização de *softwares* para análise estrutural e, em especial, voltados à simulação numérica. Assim, a abordagem de problemas práticos por meio de métodos computacionais mostra-se uma alternativa bastante viável e competitiva, o que justifica a sua adoção como ferramenta de suporte para a resolução analítica de problemas matemáticos. Além disso, em situações mais complicadas, o método analítico pode convenientemente ser substituído por uma abordagem computacional, com a precisão requerida.

Por outro lado, a utilização de métodos numéricos instiga o usuário a compreender as peculiaridades do Método dos Elementos Finitos ao mesmo tempo em que assimila o assunto ao qual está envolvido. Por conseguinte, possui potencial para ser utilizado em sala de aula ou em atividades extraclasse, com ganhos significativos para o conhecimento cognitivo tanto para o professor quanto para o aluno.

6. REFERÊNCIAS

Alves Filho, A., 2013. *Elementos Finitos: A Base da Tecnologia CAE*. Érica, São Paulo, Brasil, 6 ed.

Beer, F.P. et al., 2011. *Mecânica dos materiais*. Mc-Graw Hill, Porto Alegre, Brasil, 5.ed.

Cook, R.D. et al., 2002. *Concepts and applications of finite elements analysis*. John Wiley & Sons, New York, United States, 4. ed.

Hibbeler, R., 2012. *Resistência dos materiais*. Prentice Hall, Rio de Janeiro, Brasil, 7 ed.

Rao, S.S, 2011. *The Finite Element Method in Engineering*. Butterworth-Heinemann, Miami, United States, 5 ed.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DE FORMAS DE UNIÃO ENTRE CONCRETOS DE DIFERENTES IDADES

Cristina Vitorino da Silva
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
cristina@uricer.edu.br
Felipe Rodrigues
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
fero.d@hotmail.com
Jocasta Manica
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
jocastamanica@hotmail.com
Kauana Paula Carus
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
kauanacarus@hotmail.com
Priscila Ongaratto Trentin
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
priscila-trentin@hotmail.com

Resumo. *A união entre concretos de diferentes idades é bastante usual e muitas vezes inevitável no ramo da construção civil. No entanto, é comum o aparecimento de problemas como fissuras e descolamentos na superfície de contato entre os concretos. Para se evitar esse problema são utilizados técnicas e tratamentos que garantam a aderência a fim de deixar a estrutura o mais próximo possível do monolitismo. Este artigo tem como objetivo avaliar o comportamento da união entre concretos de diferentes idades, sendo escolhido como técnica de tratamento do concreto a nata de cimento com sílica ativa comparada com a resina epóxi. Foram utilizados seis corpos de prova, e após realização dos devidos ensaios, obteve-se como resultados para resistência à compressão 32,76 MPa para o corpo de prova com superfície úmida e adesivo com resina epóxi, mas quando a superfície é seca, o adesivo com CPV-ARI e sílica ativa apresenta valor de 30,90 MPa com resistência superior. A mistura do cimento CPV-ARI com sílica ativa é um adesivo que apresenta uma boa aderência, como se pode analisar através dos testes de resistência à compressão. A resistência aumentou em média de 4,84% em relação a um corpo de prova aderido ao concreto novo apenas com apicoamento. Mas ao compará-lo com a resina epóxi, percebe-se que o adesivo epóxi é mais eficiente na aderência entre o concreto velho com o novo. Além disso, precisamos considerar os custos envolvidos, pois o apicoamento e aplicação de resina epóxi chega a custar 90,82 reais por m².*

Palavras chave: *união entre concretos, nata de cimento, resina epóxi.*

1. INTRODUÇÃO

O uso do concreto armado trouxe muitas facilidades e avanços às edificações, porém seu emprego cada vez maior em estruturas com maiores vãos trouxe outras questões a serem solucionadas. Atualmente o aparecimento de falhas em estruturas de concreto, desde fissuras até a sua degradação precoce, é cada vez maior, havendo necessidade de reparos. Uma forma de reparo muito comum é a união entre concretos de diferentes idades; como exemplo podemos citar a concretagem em etapas, as obras de ampliação, reparos de estruturas e união de elementos de concreto pré-moldado.

Diante disso, para o presente trabalho utilizou-se nata de cimento CPV-ARI com adição de sílica ativa na união de concretos de diferentes idades, buscando-se comparar com o emprego da resina epoxídica.

2. METODOLOGIA

Para o trabalho em questão foram realizados diferentes tipos de tratamentos superficiais nos corpos de prova como demostra a Tab. 1.

Tabela 1. Diferentes tratamentos superficiais

Tratamento superficial	Quantidade de CP's ensaiados
Apicoamento – superfície úmida	3
Apicoamento – superfície seca	3
Apicoamento + adesivo – superfície seca	3
Apicoamento + adesivo – superfície úmida	3

2.1 Materiais utilizados

Neste trabalho utilizou-se um agregado graúdo de origem basáltica classificado como brita 1. Para caracterização do mesmo foram realizados ensaios de massa específica e absorção de água (NBR NM 53/2003), massa unitária (NBR NM 45/2006) e composição granulométrica (NBR NM 248/2003). Como resultados obteve-se 6,91% de resíduo na peneira 200 ou 75µm, dimensão máxima característica de 19 mm, massa específica de 2,57 g/cm³, massa unitária de 1,36 g/cm³ e absorção de água de 2,98%.

Como agregado miúdo utilizou-se a areia natural de granulometria fina, sua caracterização foi feita através de ensaios de massa específica (NBR NM 52/2002), massa unitária (NBR NM 45/2006), composição granulométrica (NBR NM 248/2003) e a absorção de água (NBR NM 30/2001). Tendo como resultados, 1,47% de resíduo na peneira 200, dimensão máxima característica de 1,18 mm, absorção de água de 0,32%, massa específica de 2,49 g/cm³ e massa unitária de 1,42 g/cm³.

O cimento utilizado para a dosagem e moldagem dos corpos de prova foi o CP II – Z, com resistência fck ≥ 25MPa, massa específica de 2,87 g/cm³ e resíduo na peneira 200 de 2,72%. Para união dos concretos de diferentes idades, utilizou-se o CPV-ARI com adição de sílica ativa, sendo este com massa específica de 3,03 g/cm³ e resíduo na peneira 200 de 1,52%. As caracterizações dos cimentos acima citados foram feitas por meio dos ensaios de massa específica (NBR NM 23/2001) e resíduo na peneira 200µm (NBR 11579/2013) ealizados no LAPATEC da URI.

Para adição à nata de cimento CPV-ARI, utilizou-se a sílica ativa com massa específica de 2,05 g/cm³.

2.2 Dosagem

A dosagem do concreto foi realizada pelo método IPT/EPUSP, com a resistência fck de 25 MPa, com abatimento de tronco de cone fixado em 100 ± 20mm. Com o teor ideal de argamassa α = 54% foram dosados os traços rico, pobre e intermediário, conforme a Tab. 2.

Tabela 2. Dosagem experimental

Traço unitário (1:m)	Relação água/cimento (a/c)	Resistência aos 28 dias (MPa)	Consumo de cimento (Kg/m³)	H (%)	Abatimento (mm)
1:3,5	0,44	35,61	466,53	9,86	80
1:5,0	0,64	23,29	342,74	10,67	130
1:6,5	0,76	16,37	276,60	10,14	100

Considerando fck de 25MPa e, por meio da Eq. (1), calculou-se a resistência média de dosagem, adotando-se o desvio padrão de 4 MPa devido à dosagem ser realizada no laboratório.

$$fcj = fck + 1,65.sd \quad (1)$$

Portando, o fcj é 31,6 MPa. Para atender a essa resistência utilizou-se o consumo de cimento de 421,29kg/m³, traço unitário 1:1,66:2,27 (1:3,93) e relação água/cimento 0,50.

Dessa forma, foram utilizados 9,93l de água, 19,86kg de cimento, 33,03kg de areia e 45,05kg de pedra para a produção dos corpos de prova.

2.3 Moldagem dos corpos de prova

De acordo com as recomendações da ABNT NBR 5738/2015, foram moldados 6 corpos de prova de 200x100 mm Posteriormente ficaram armazenados em câmara úmida por 28 dias, completando assim o tempo de cura, após cortados na diagonal resultando em 12 partes que foram utilizadas na união com o concreto novo. Com a realização do corte, os corpos de prova receberam tratamento superficial de apicoamento e limpeza das impurezas com pincel, conforme figura 1.

a) b)

Figura 1. a) Apicoamento superficial. b) Limpeza da superfície.

Para o método de união entre o concreto velho e o concreto novo, trabalhou-se com 4 situações distintas, conforme mostrado na Tabela 1, onde os corpos de prova cortados foram divididos em seis superfícies úmidas e seis superfícies secas. Destes, três corpos úmidos e três corpos secos, receberam o tratamento com apicoamento, os outros três tanto úmidos quanto secos receberam apicoamento com posterior aplicação de nata de cimento CP V – ARI com sílica ativa, com 2 mm de espessura, o mesmo procedimento foi feito para a aplicação da resina epóxi.

2.4 Nata de cimento CP V – ARI com sílica ativa e resina epóxi

O traço unitário utilizado para a fabricação da nata de cimento foi de 1:0,1:0,44 (cimento:silica ativa:relação a/agl). Para a confecção da nata foram utilizados 300 gramas de cimento CP V – ARI, 145,2 ml de água e 30g de sílica ativa.

a) b)

Figura 2. a) Consistência da nata de cimento CP V – ARI com sílica ativa. b) Aplicação da nata de cimento.

Os corpos de prova apicoados foram colocados em moldes cilíndricos, sendo o molde preenchido com o novo concreto, este tendo o traço e a relação água/aglomerante iguais do concreto velho. Em 6 dos corpos de prova foi realizado o tratamento com a nata de cimento. Essa nata foi aplicada com uma espátula em uma camada de aproximadamente 2 mm, de forma a preencher toda a superfície do CP. Nos outros 6 corpos de prova foi apenas lançado o concreto novo. Após a união entre os concretos de diferentes idades, ambos foram adensados em mesa

vibratória por 15 segundos. Em seguida, todos foram identificados. Depois de 24 horas os corpos de prova foram desmoldados e então passaram por um processo de cura úmida em câmara com umidade e temperatura controladas (Umidade relativa > 95% e Temperatura de 23 °C ± 2), durante 28 dias. O mesmo procedimento foi feito com a resina epóxi, aonde foi substituído a nata de cimento, pela mesma. É necessário tomar os cuidados necessários para manuseio de tal produto, e evitar o contato deste com as mãos.

a)

b)

Figura 3. a) Resina epóxi. b) Corpos de prova identificados.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para analisar a resistência dos corpos de prova, os mesmos foram submetidos à ensaios de compressão uniaxial em prensa servo hidráulica. Na tabela 3, encontram-se as resistências para os corpos de prova referência e dos corpos de prova unidos através de nata de cimento com silica ativa e resina epóxi.

Tabela 3. Resistências dos corpos de prova

CP	RESISTÊNCIA (MPa)	Média	Variância	Desvio Padrão	CV (%)	Média +1DP	Média -1DP	Nova Média
REF. 1	28,17	28,48	0,09	0,31	1,07	28,78	28,17	28,48
REF. 2	28,78							
CSS 1	30,97	28,49	3,24	1,80	6,31	30,29	26,69	27,25
CSS 2	26,76							
CSS 3	27,74							
CSU 1	32,37	29,64	4,84	2,20	7,42	31,84	27,44	29,58
CSU 2	26,98							
CSU 3	29,58							
CSSA 1	33,08	30,90	2,82	1,68	5,44	32,58	29,22	30,90
CSSA 2	30,63							
CSSA 3	28,99							
CSUA 1	28,68	28,95	3,15	1,77	6,13	30,72	27,17	28,68
CSUA 2	26,92							
CSUA 3	31,24							
CASU 1	26,37	28,96	11,79	3,43	11,86	32,39	25,52	26,53
CASU 2	33,81							
CASU 3	26,69							
CASS 1	28,86	28,40	0,13	0,36	1,27	28,76	28,04	28,40
CASS 2	28,35							
CASS 3	27,98							
CAASS 1	32,58	29,69	4,58	2,14	7,21	31,83	27,55	29,04
CAASS 2	29,04							
CAASS 3	27,46							
CAASU 1	33,67	32,76	0,84	0,92	2,79	33,67	31,84	32,76
CAASU 2	31,84							

Sendo:
REF. – Corpo de prova sem união entre os concretos
CSS – Combinação apicoamento – superfície seca
CSU – Combinação apicoamento – superfície úmida
CSSA – Combinação apicoamento + adesivo – superfície seca (nata de cimento)
CSUA – Combinação apicoamento + adesivo – superfície úmida (nata de cimento)
CASU – Combinação apicoamento – superfície úmida
CASS – Combinação apicoamento – superfície seca
CAASS – Combinação apicoamento + adesivo – superfície seca (epóxi)
CAASU – Combinação apicoamento + adesivo – superfície úmida (epóxi)

Os dados da Tabela 3 podem ser melhor observados na Figura 4, onde o gráfico compara os resultados obtidos em cada combinação.

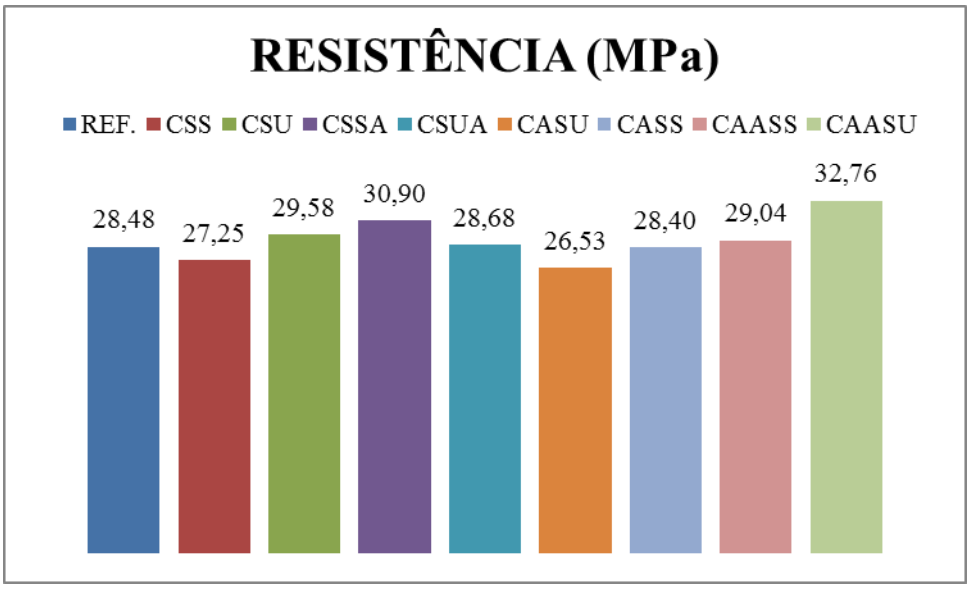


Figura 4. Comparação entre as resistências medias obtidas em cada combinação de tratamento

No gráfico da Figura 4, pode-se perceber que o maior valor obtido para resistência à compressão foi para o corpo de prova com superfície úmida e adesivo com resina epóxi, mas quando a superfície é seca, o adesivo com CPV-ARI e sílica ativa apresenta valor de resistência superior.

De acordo com Sampaio (2010), que analisou os custos de diferentes tipos de tratamentos aplicados na união entre concretos de diferentes idades utilizando os dados do Seinfa (Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará), o tratamento mais econômico é aquele onde apenas é feito o apicoamento da superfície. Segundo o autor, enquanto o apicoamento tem custo de 11,03 reais por m², o apicoamento com nata de cimento e sílica ativa custa R$ 22,76/m² e o apicoamento e aplicação da resina epóxi chega a custar 90,82 reais por m².

Dessa forma, comparando as resistências obtidas pelo ensaio de compressão, pode-se perceber que o apicoamento seria o processo que proporciona melhor relação custo-benefício para esse estudo, considerando os materiais e técnicas empregadas. Apesar disso, a aplicação de adesivo é aconselhável na união entre concretos de diferentes idades.

Comparando o custo envolvido nos diferentes métodos de união entre concretos, a resina epóxi é uma das técnicas mais caras existentes no mercado. Dessa forma, levando-se em conta a eficiência de cada sistema de união entre concretos, a utilização na nata de cimento CPV-ARI com adição de sílica ativa é o adesivo mais indicado, pois apresenta resultado satisfatório quanto à resistência à compressão e, além disso, é menos oneroso.

4. CONCLUSÃO

Em muitas obras existe a necessidade de aderência de novos concretos a concretos já existentes. Para melhorar esta aderência entre o concreto novo e o concreto velho, são utilizados métodos, como o apicoamento, além de adesivos que melhoram ainda mais esta aderência, tornando a união entre concretos ainda mais resistente e confiável. A mistura do cimento CPV-ARI com sílica ativa é um adesivo que apresenta uma boa aderência, como se pode analisar através dos testes de resistência à compressão. A resistência aumentou em média de 4,84% em relação a um corpo de prova aderido ao concreto novo apenas com apicoamento. Mas ao compará-lo com a resina epóxi, percebe-se que o adesivo epóxi é mais eficiente na aderência entre o concreto velho com o novo.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **NM 23**: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR NM 30:** Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR NM 45:** Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR NM 52:** Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR NM 53:** Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR NM 248:** Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 5738:** Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 11579:** Cimento Portland - Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μm (nº 200). Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

SAMPAIO, I. A. **Avaliação de materiais na ligação entre concreto novo/concreto velho.** 2010. 53 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE CINZA VOLANTE DE TERMELÉTRICA COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO EM PISOS INTERTRAVADOS (*PAVERS*)

Renan Barros Ribeiro
Alessandra Zaleski
Bruno Marangoni
Suelen Vanzetto
URI Campus II , RS 331, Erechim - RS
renanbarrosr@hotmail.com; alessandra_zaleski@hotmail.com; b-marangoni@outlook.com; suelen.van@hotmail.com

Resumo. *O carvão mineral ainda se faz presente quando o assunto é geração de energia elétrica por termelétricas, sendo essas responsáveis por produzirem grandes quantidades de resíduos. A abundância de rejeitos gerados por meio da queima do carvão mineral (cinzas), se demonstra como uma boa alternativa a ser empregada em substituição de materiais tradicionalmente utilizados no setor da construção civil, além de reduzir danos ao meio ambiente. Mediante isto, buscou-se avaliar nesta pesquisa, a viabilidade da utilização de cinzas volantes na elaboração de pisos intertravados, através da substituição parcial do cimento. Para tanto, definiram-se as concentrações de 5%, 10%, e 15% de resíduos que substituíram o aglomerante, além de uma mistura de referência na qual não foi incorporado o resíduo. Observou-se o desempenho dos concretos com substituição parcial do volume absoluto de cimento por cinza leve, por meio do ensaio de resistência à compressão uniaxial aos 28 dias, os dados obtidos passaram por tratamentos estatísticos. Os resultados adquiridos demonstraram-se satisfatórios, sendo o traço de 15% o que apresentou um comportamento melhor.*

Palavras chave: *cinzas volantes, pisos intertravados, resistência à compressão uniaxial.*

1. INTRODUÇÃO

O constante progresso da sociedade tem gerado um crescimento do consumo de energia elétrica. Para sustentar essa demanda projetos novos de usinas geradoras estão previstos e entre estes, têm-se as termelétricas a carvão, que fornecem energia através da combustão do carvão, às quais são responsáveis pela produção de resíduos nocivos ao meio ambiente: a cinza volante e a cinza pesada (CISESKI, 2013).

Segundo Cezar (2011), a cinza volante proporciona diversos benefícios ao concreto, em seu estado fresco ela melhora a trabalhabilidade e a coesão, reduz a segregação e a exudação e eleva o tempo de pega. E no estado endurecido, a cinza volante diminui sua temperatura graças as reações de hidratação, que inicialmente se demonstram de forma lenta e com o aumento na idade de cura, observa-se o refinamento dos poros da pasta e, assim sendo, ganho na resistência do concreto.

Conforme Altoé (2012), resíduos têm sido inseridos com sucesso na fabricação de *pavers*, argamassas, concretos e elementos de vedação. Em virtude da aceitação de resíduos em pisos intertravados, Wiebbelling (2015) destaca, ainda, a eficiência ambiental, devido a possibilidade de usar resíduos em sua composição e, também, suas características drenantes que são caracterizadas como um diferencial quando comparadas com outros tipos de pavimentos.

Esta pesquisa, portanto, teve por objetivo analisar a influência da incorporação de cinza volante de termelétrica, como substituição parcial do cimento em pisos intertravados (*paver*), buscando determinar as alterações nas propriedades do concreto quando analisados os diferentes teores de substituição.

2. METODOLOGIA

Adotou-se como aglomerante hidráulico na elaboração do concreto o cimento Portland CP V- ARI, o qual possui alta resistência inicial conforme a norma NBR 5733 (ABNT, 1991), fazendo-se necessário seu emprego nesta pesquisa, para se obter a resistência de 35 MPa, sendo esta a resistência mínima exigida pela NBR 9781 (ABNT, 2013) para a fabricação de *pavers*.

O agregado graúdo utilizado na pesquisa consiste em uma brita de origem basáltica, chamada comercialmente de brita 0. Já o agregado miúdo natural utilizado consiste em uma areia média de origem quartzosa. Os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados encontram-se nas Tab. 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização do agregado graúdo natural.

Abertura das peneiras (mm)	**Média retida (%)**	**Média retida acumulada (%)**	**Exigências da NBR 7211/09 para a zona d/D[a] 4,75/12,5 Média retida acumulada (%)**
25	0,00	0,00	–
19	0,00	0,00	–
12,5	0,00	0,00	0 – 5
9,5	0,41	0,41	2 – 15 [b]
6,3	43,61	44,02	40 [b] – 65 [b]
4,75	37,52	81,53	80 [b] – 100
2,36	18,17	99,70	95 – 100
1,18	0,19	99,90	–
0,6	0,03	99,93	–
0,3	0,03	99,95	–
0,15	0,01	99,96	–
Fundo	0,04	100,00	–
Dimensão máxima característica (mm)		9,50	[a] Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agragado graúdo. [b] Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com 2). Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.
Massa específica (g/cm^3)		2,73	
Massa unitária (g/cm^3)		1,36	
Absorção de água (%)		2,47	
Módulo de finura		5,81	

Tabela 2. Caracterização do agregado miúdo natural.

Abertura das peneiras (mm)	**Média retida (%)**	**Média retida acumulada (%)**	**NBR 7211/09 - Média retida acumulada (%)**			
			Limites inferiores		**Limites superiores**	
			Zona Utilizável	**Zona Ótima**	**Zona Ótima**	**Zona Utilizável**
6,30	0,00	0,00	0	0	0	7
4,75	0,04	0,04	0	0	5	10
2,36	0,81	0,86	0	10	20	25
1,18	1,82	2,68	5	20	30	50
0,60	3,60	6,28	15	35	55	70
0,30	42,22	48,50	50	65	85	95
0,15	40,46	88,96	85	90	95	100
Fundo	11,04	100,00	–	–	–	–
Dimensão máxima característica (mm)			1,18	O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90. O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20. O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.		
Massa específica (g/cm^3)			2,49			
Massa unitária (g/cm^3)			1,42			
Absorção de água (%)			0,32			
Módulo de finura			1,47			

Nesta pesquisa utilizou-se como resíduo a cinza volante, conforme a Fig.1, cedida pela usina termelétrica UTE Charqueadas.

As características da cinza foram avaliadas através da análise da massa específica (ABNT NBR NM 23, 2001), onde se obteve o valor de 1,99 g/cm³, demonstrando assim uma massa específica menor quando comparada com o cimento CPV-ARI que em substituição em massa por cimento, confere um volume maior de cinza volante, sendo que, possui uma massa menor por centímetro cúbico. E índice de atividade pozolânica (IAP) realizado de acordo com a NBR 5752 (ABNT, 2014), que resultou em um IAP de 75,47%. Posteriormente se comparou esse resultado com a norma de Materiais Pozolânicos (ABNT NBR 12653, 2015), caracterizando a cinza volante como material pozolânico.

Conforme Piazza (2011), os materiais classificados como pozolanas apresentam capacidade aglomerante quando em presença de água, estes durante a hidratação do cimento Portland reagem com o hidróxido de cálcio, gerando Silicato de Cálcio Hidratado (C-S-H), que são compostos cimentícios. Esses compostos, são capazes de fechar os espaços vazios (poros), reduzindo assim, a permeabilidade do concreto a líquidos e aumentando sua durabilidade.

Figura 1. Cinza Volante.

Para a preparação dos concretos desta pesquisa, adotou-se o método de dosagem IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992), a fim de determinar o teor ideal de argamassa. Foi definida a resistência característica do concreto aos 28 dias (fck), sendo esta de 35 MPa. A partir desta resistência determinou-se a relação água/cimento e as proporções de agregado miúdo e graúdo a serem utilizados no concreto. A trabalhabilidade foi outro fator fixo, sendo assim, o abatimento requerido de tronco de cone foi de 80 ± 10 mm. Após definição do traço efetuou-se a substituição parcial do cimento pelo resíduo.

Os teores de substituição tiveram como base pesquisas bibliográficas já realizadas com resíduos similares utilizados no beneficiamento de concretos, por meio disso optou-se pelos teores de substituição de 5%, 10%, 15% e também por uma mistura de referência na qual não houvesse a utilização do resíduo (0%). A Tab. 3 mostra os traços empregados na produção do concreto, os fatores controláveis e os parâmetros de cada teor de substituição.

Tabela 3. Traço empregado na produção dos concretos.

Fator controlável			**Traço unitário desdobrado**			**Cons. de cimento (kg/m³)**	**Parâmetros**		
Tsr (%)	**Traço unitário**	**Relação a/c**	**c**	**a**	**p**		**α (%)**	**H (%)**	**Abat. (mm)**
0	1:3,5	0,44	1	1,43	2,07	481,69	54	9,82	90
5									90
10									80
15									80

Para a moldagem dos corpos de prova seguiu-se os requisitos que norma NBR 9781 (ABNT, 2013) sugere referente à moldagem e cura de corpos de prova. Primeiramente, foi necessário untar com desmoldantes as fôrmas de *pavers*, sendo estas plásticas.

Anteriormente a moldagem foi executado o preparo da cinza volante, deixando-a no forno em 60ºC por aproximadamente 24hrs, para realizar a secagem e evitar problemas em relação a umidade adicional presente na mesma quando em temperatura ambiente, portanto, não alterando a relação água/cimento para cada porcentagem de substituição.

O processo de adensamento foi feito através do auxílio da mesa vibratória de modo a garantir o adensamento adequado dos materiais. Após 24 horas os mesmos foram desmoldados e dispostos em câmara úmida, até completar a idade dos ensaios de 28 dias.

Para o ensaio de resistência característica à compressão foi utilizada a norma NBR 9781 (ABNT, 2013), que especifica o método pelo qual devem ser ensaiados os corpos de prova cujo o formato é apresentado em forma de *paver*. Este ensaio foi realizado no Laboratório de Preparo de Amostras e Técnicas Construtivas da URI, no período de 28 dias após a concretagem dos corpos de prova, no qual foi necessário o conhecimento exato das dimensões dos corpos de prova, uma prensa hidráulica que aplicasse um carregamento com velocidade em torno de 550 kPa/s e variação de

200kPa/s sobre os *pavers* e placas auxiliares de aço no formato retangular, a fim de garantir a aplicação da carga distribuída de forma uniforme na superfície do *paver*, conforme se pode observar na Fig. 2.

Figura 2. *Paver* durante o ensaio de resistência à compressão uniaxial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resistência à compressão uniaxial

Os resultados médios de resistência à compressão uniaxial aos 28 dias para os concretos estudados estão apresentados na Tab. 4.

Tabela 4. Resultados médios do ensaio de resistência à compressão uniaxial.

Teor de substituição (%)	Resistência à compressão uniaxial média (MPa)	Coeficiente de variação (%)	Desvio padrão
0	35,00	1,03	0,36
5	39,45	1,97	0,78
10	37,73	5,07	1,91
15	35,33	9,09	3,21

Conforme a Tab.4, percebe-se que as resistências à compressão uniaxial média para os teores de substituição de 5%, 10% e 15% obtiveram um acréscimo de 12,71%, 7,00% e 0,94% respectivamente, quando comparadas com a mistura de referência.

A Fig. 3 apresenta o efeito do teor de cinza volante sobre a resistência à compressão uniaxial dos *pavers*. Os resultados foram analisados estatisticamente pelo método de análise de variância simples (*one-way* ANOVA), proposto com significância estatística com 95% de confiança, buscando assim verificar se o fator de controle causou efeito significativo na variável de resposta.

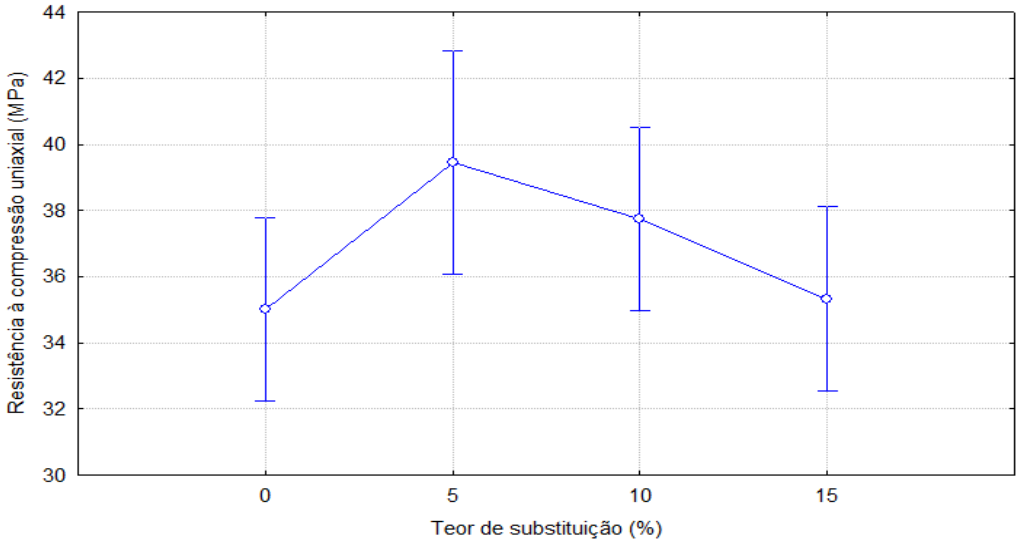


Figura 3. Efeito do teor de substituição da cinza volante, na resistência à compressão uniaxial.

Por meio da análise de variância simples presente na Fig. 3 é possivel observar que os diferentes teores de substituição de resíduo no concreto, são estatisticamente iguais, ou seja, eles não diferem entre si. Com este resultado é possível observar ainda o aumento de resistência do teor 5% quando comparado com o referência, este acréscimo pode ser explicado pelo efeito fíller, que segundo Wada (2010), devido a sua alta finura, os grão podem preencher os poros presentes nas partículas de cimento, elevando com isso a resistência e a compacidade do concreto. Porém, nas demais substituições a presença desses finos podem ter sido excedentes, caracterizando assim o decréscimo de resistência.

Pode-se ainda constatar que as resistências médias das substituições 5, 10 e 15% foram superiores quando comparadas com o referência, esse comportamento pode ser relacionado com a caracteristica de pozolanicidade, pois quando adicionamos materiais pozolânicos no concreto, os mesmos consomem os hidróxidos de cálcio (CH), presentes na pasta de cimento, e produzem Silicato de Cálcio Hidratado (C-S-H), que são compostos cimentícios resistentes (VIEIRA, 2005).

4. CONCLUSÕES

Nesta pesquisa procurou-se estudar a viabilidade do uso de cinza volante em substituição parcial do cimento na produção de *pavers*, visando a obtenção de um produto que gere um menor impacto ambiental para a sociedade.

Com relação à propriedade mecânica de resistência à compressão uniaxial, os teores 0%, 5%, 10% e 15% apresentaram valores dentro da resistência estabelecida de 35MPa. Independentemente de os resultados serem estatisticamente iguais, pode-se dizer que o traço com 15% de cinza volante apresentou um comportamento melhor, levando em conta a questão ambiental, pois neste traço foi possível manter uma resistência adequada, com maior quantidade de resíduo aplicada e menor consumo de cimento.

Para esta pesquisa, o material estudado apresentou-se viável, sendo assim, a adição de cinzas surge como uma alternativa na elaboração dos blocos intertravados, além de colaborar com a proposta de desenvolvimento sustentável, removendo do meio ambiente um resíduo nocivo e transformando-o em um produto. Ainda, estabelece alternativas para os anseios da construção civil que tendem a utilizar cada vez menos recursos naturais.

5. REFERÊNCIAS

ALTOÉ, S. P. S. Estudo da potencialidade da utilização de cinza de bagaço de cana-de-açúcar e resíduos de pneus inservíveis na confecção de blocos de concreto para pavimentação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. 5f. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR 5733: Cimento Portland de alta resistência inicial. 5f. Rio de Janeiro, 1991.

_____. NBR 5752: Materiais pozolânicos – Determinação de atividade pozolânica com cimento Portland – Índice de atividade pozolânica com cimento. 3f. Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificações. 9f. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. 26f. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 12653: Materiais pozolânicos – Requisitos. 6f. Rio de janeiro. 2015.

CEZAR, D. de S. Características de durabilidade de concretos com cinza volante e cinza de casca de arroz com e sem beneficiamento. 2011. 143f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Santa Maria, 2011.

CISESKI, T. M. B. Influência da moagem da cinza pesada obtida da queima em termoelétrica no compósito cinza-20Fe. 2013. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2013.

HELENE, P.; TERZIAN, P. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo: PINI, 1992.

PIAZZA, R. F. A. Método de dosagem de concreto pelo volume de pasta com emprego de cinza volante. 2011. 263f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2011.

VIEIRA, A. de A. P. Estudo do aproveitamento de resíduos de cerâmica vermelha como substituição pozolânica em argamassa e concretos. 2005. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de tecnologia, João Pessoa, 2005.

WADA, P. H. Estudo da incorporação de resíduos de cerâmica vermelha na composição de concreto para uso em estacas moldadas *in loco*. 2010. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

WIEBBELLING, P. O. G. Pavimento com blocos intertravados: estudo de caso na UNIVATES. 2015. 73 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Civil) – UNIVATES, Centro Universitário, Lajeado, 2015.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DE AÇÕES HORIZONTAIS EM UM EDIFÍCIO SIMÉTRICO DE ALVENARIA ESTRUTURAL: ASSOCIAÇÃO PLANA DE PAINÉIS COM E SEM A CONSIDERAÇÃO DE TRECHOS RÍGIDOS PARA OS LINTÉIS

Renan Scapinello
Universidade Regional Integrada – URI – Erechim, RS 331, Nº. 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil.
renan.ecv@gmail.com

Resumo. *A análise de um projeto simétrico de alvenaria estrutural constituído de um sistema de contraventamento para combater esforços horizontais, pode ser realizado utilizando-se diferentes métodos, dentre estes, o Método da Associação Plana de Painéis, onde painéis com aberturas são considerados pórticos e painéis sem aberturas considerados paredes, formando assim um sistema de pórticos planos associados. Pode-se ainda considerar pequenos trechos rígidos para os lintéis destes pórticos com aberturas. O que nem sempre é evidenciado, é a real contribuição destes trechos rígidos para a estabilidade de uma estrutura submetida as ações dos ventos. Com a finalidade de se avaliar os benefícios causados aos esforços provenientes das ações horizontais em uma edificação de alvenaria estrutural, através de uma análise de associação plana de painéis com e sem a consideração de trechos rígidos para os lintéis, o estudo que se apresenta compara resultados de momento fletor, esforço cortante e deslocamento horizontal máximos de uma estrutura modelo. Como alternativa computacional ao estudo, utilizou-se do programa Ftools, uma ferramenta simples e de fácil manuseio na análise de pórticos planos. Com os resultados obtidos, evidenciou-se a contribuição dos trechos rígidos na análise, levando a um dimensionamento mais econômico da estrutura analisada.*

Palavras chave: *Alvenaria estrutural, associação plana de painéis, trecho rígido para os lintéis.*

1. INTRODUÇÃO

Um projeto de alvenaria estrutural deve ser elaborado de forma que seja utilizado um sistema estrutural adequado à função desejada para a edificação e que este esteja apto a receber todas as influências e ações que sobre ela produzam efeitos significativos na sua construção e vida útil (NBR 15961-1, 2011). Dentre estas ações, os esforços horizontais provenientes dos ventos em edificações, quando analisados através de diferentes métodos, podem gerar certas limitações ou incertezas de projeto. O estudo de ações horizontais através da associação plana de painéis, apresenta-se como alternativa para edificações simétricas de maior porte. Porém, a hipótese de se considerar trechos rígidos para os lintéis das aberturas, ainda gera desconfianças sobre sua possível contribuição nos resultados finais das análises. Sendo assim, após referencial teórico, apresenta-se a seguir um estudo comparativo de uma edificação de alvenaria estrutural modelo, utilizando-se de resultados das análises das forças devidas aos ventos com e sem a considerações de trechos rígidos para os lintéis nos painéis de contraventamento. Resumindo-se, então, em gráficos seus resultados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Mesmo as mais simples das estruturas, estão sujeitas, além das ações gravitacionais (efeitos de primeira ordem) e às ações horizontais (efeitos de segunda ordem), decorrentes principalmente da incidência de ventos. Em estruturas de grande altura e esbeltes elevada, estes efeitos se tornam ainda mais significativos podendo desencadear situações de instabilidade global da edificação. Em edifícios de alvenaria estrutural, estas forças horizontais atuam sobre paredes normais à sua direção, que por sua vez transmitem as ações através das lajes, consideradas diafragmas rígidos, à elementos chamados de painéis de contraventamento, paredes cujos planos estão na mesma direção da ação aplicada, e que então, transmitem as reações destas solicitações às fundações.

2.1 Comprimento efetivo de painéis de contraventamento

Para o cálculo do comprimento efetivo dos painéis de contraventamento, pode-se ainda considerar a contribuição de flanges. A NBR 15961-1 (2011:22) recomenda que desde que haja interação entre o painel e as abas, o limite para esta contribuição seja de $bf \leq 6t$, de acordo com Figura 1.

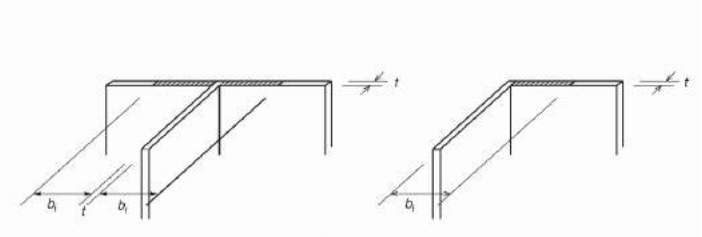


Figura 1. Comprimento efetivo de flanges.
Fonte: NBR 15961-1, 2011.

2.2 Distribuição das ações horizontais

Existem na literatura diferentes propostas para se calcular a distribuição das ações horizontais nas paredes de uma edificação em alvenaria estrutural. Dentre outros, para o caso de construções simétricas, o método de paredes com aberturas tende a produzir resultados de tensões significativamente mais satisfatórios, principalmente quando comparado ao método das paredes isoladas, desde que tomadas as devidas precauções para que todos os esforços advindos da análise sejam corretamente considerados (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Consistindo em analisar as alvenarias com aberturas como pórticos, sendo as paredes entendidas como pilares e os lintéis, trechos entre as aberturas, como vigas, este procedimento evidentemente envolve a utilização de recursos computacionais que utilizem da associação de pórticos planos para se obter resultados mais verdadeiros. Recomenda-se ainda, que os comprimentos das barras utilizadas para unir os diferentes pórticos de uma edificação tenham comprimento entre 0,5 e 1,0 metro, seção transversal de uma faixa de 2 a 3 metros da laje presente na estrutura e que sua extremidade seja rotulada, assim o momento de inércia não influenciará nos resultados a serem obtidos e a hipótese de diafragma rígido para as lajes será atendida (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Vale salientar que para a análise de uma estrutura simétrica, pode-se utilizar a metade dos painéis de contraventamento, submetidos à metade das ações horizontais.

2.3 Consideração dos trechos rígidos para os lintéis

Quando dá-se a distribuição das ações horizontais pelo método de paredes com aberturas, há a possibilidade de melhor se avaliar a dimensão finita dos encontros entre paredes e lintéis, ou seja, estabelecer trechos flexíveis e trechos rígidos para estes, o que pode alterar bastante a rigidez de um painel (RAMALHO; CORRÊA, 2003:54). Segundo recomendações do European Committee Standardization (1996), o comprimento dos trechos flexíveis podem ser tomados à partir da soma do comprimento das aberturas da edificação a um fator hv/2, como exemplificado na Figura 2.

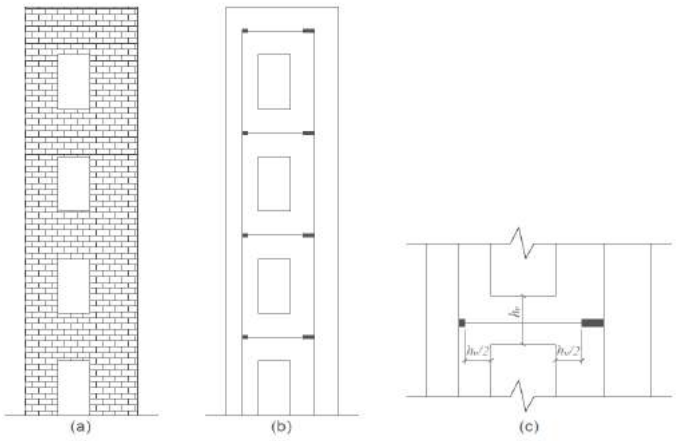


Figura 2. Consideração de trechos rígidos nos lintéis: (a) Parede de alvenaria com aberturas; (b) Representação de uma parede com aberturas por barras com trechos rígidos; (c) Comprimento dos trechos rígidos para os lintéis.
Fonte: Autor, 2017.

3. METODOLOGIA

Tendo em vista o melhor resultado comparativo utilizando o Método de Paredes com Aberturas ou Associação Plana de Painéis com e sem a consideração de trechos rígidos para os lintéis, foi utilizado um projeto exemplo de um edifício em alvenaria estrutural, caracterizado a seguir.

3.1 Características de Projeto

O objeto desta análise trata-se de um edifício em alvenaria estrutural de onze pavimentos tipo, com quatro apartamentos por andar, um pavimento de área técnica e outro pavimento para comportar a caixa d'água, a ser implantado na cidade de Erechim, estado do Rio Grande do Sul. Para sua concepção foram utilizados blocos de concreto da família 29, onde o bloco padrão possui dimensões de 14 x 19 x 29 cm (largura x altura x comprimento). Nos quatro primeiros pavimentos os blocos possuem resistência característica de 12 MPa, nos outros quatro pavimentos seguintes de 10 Mpa e no restante dos pavimentos 6 MPa. As lajes são do tipo maciça, com 10 cm de espessura, moldadas em loco. Cada pavimento possui altura, de piso a piso, de 2,80 metros (14 fiadas). A Figura 3 apresenta a planta baixa do pavimento tipo com a modulação estrutural da 1ª fiada e um corte transversal do edifício, respectivamente. As maiores dimensões em planta da edificação são respectivamente no eixo paralelo a X e Y, 15,75 e 28,65 metros.

Figura 3. Planta baixa pavimento tipo com 1ª fiada e Corte transversal A'A, respectivamente.
Fonte: Autor, 2017.

3.2 Ações horizontais

Para a análise das ações oriundas do vento na edificação utilizou-se das recomendações da NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações, com a aplicação das forças ao nível das lajes dos pavimentos.

Em consulta ao mapa da isopletas e demais tabelas e formulações da referida norma, os seguintes dados foram encontrados. Para a região de Erechim obtém-se a velocidade básica do vento (vo) igual a 44 m/s. A implantação do edifício se dará em um terreno plano ou fracamente acidentado, assim sendo, foi adotado o fator topográfico S1 = 1,0. Para a determinação do fator S2, considerou-se a rugosidade do terreno como sendo pertencente a Categoria IV, e suas dimensões inclusas na Classe B. Tratando-se de uma edificação residencial, adotou-se como fator estatístico S3 = 1,0. Considerou-se ainda para ventos em baixa turbulência o coeficiente de arrasto de acordo com a aplicação do vento apenas na direção de simetria da edificação (X), sendo Ca(X) = 1,31.

A tabela 1 apresenta, de acordo com a direção das ações provenientes dos ventos, as cotas das aplicações das forças (z) e de acordo com suas variações, os referidos valores do fator de rugosidade e dimensões (S2), velocidade característica do vento (vk), pressão dinâmica (q), área de influência das ações (A), coeficiente de arrasto (Ca(X)) e forças devidas ao vento (F).

Tabela 1. Variáveis para o cálculo das forças devidas aos ventos na estrutura.

z (m)	S_2	v_k *(m/s)*	*q (kN/m²)*	*A (m²)*	$C_{a(X)}$	*F (kN)*
2,80	0,76	33,44	0,685	80,22	1,31	72,04
5,60	0,77	33,88	0,704	80,22	1,31	73,94
8,40	0,81	35,64	0,779	80,22	1,31	81,83
11,20	0,84	36,96	0,837	80,22	1,31	88,00
14,00	0,87	38,28	0,898	80,22	1,31	94,40
16,80	0,89	39,16	0,940	80,22	1,31	98,79
19,60	0,91	40,04	0,983	80,22	1,31	103,28
22,40	0,92	40,48	1,004	80,22	1,31	105,56
25,20	0,94	41,36	1,049	80,22	1,31	110,20
28,00	0,95	41,80	1,071	80,22	1,31	112,56
30,80	0,96	42,24	1,094	80,22	1,31	114,94
33,60	0,97	42,68	1,117	80,22	1,31	117,34
36,40	0,98	43,12	1,140	19,74	1,31	29,47
38,60	0,99	43,56	1,163	6,27	1,31	9,55

Fonte: Autor, 2017.

3.3 Distribuição das ações horizontais: Associação plana de painéis

Para a obtenção dos esforços produzidos pelas ações dos ventos atuantes na edificação aqui analisada, foram considerados painéis de contraventamento as paredes paralelas a aplicação da força, acrescidas das eventuais abas, trechos perpendiculares aos painéis e devidamente amarrados aos mesmos. É importante ressaltar que na direção X, a simetria do edifício evita uma provável rotação do mesmo, assim os pavimentos apenas transladam, podendo-se então considerar a metade dos painéis da edificação submetida à metade das ações dos ventos. A Figura 4 mostra as considerações acima apresentadas de acordo com a aplicação das ações provenientes dos ventos.

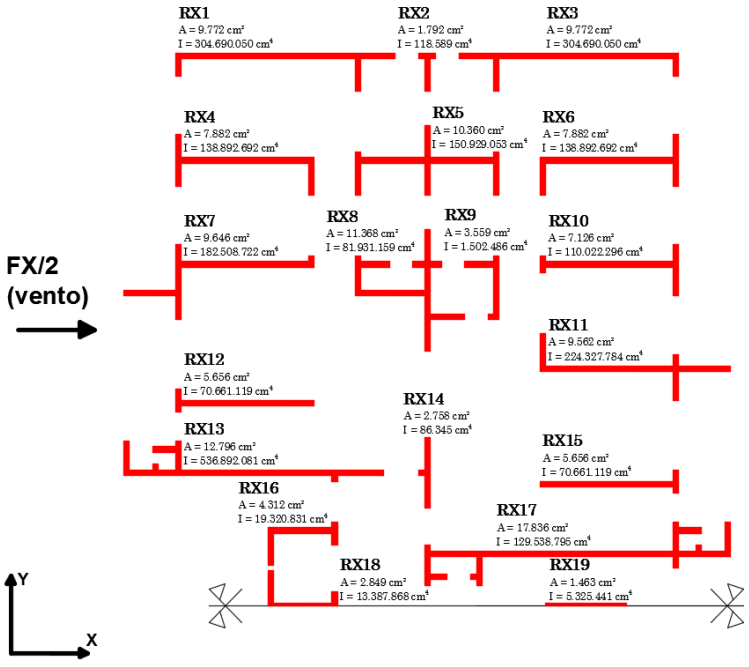


Figura 4. Painéis de contraventamento – vento paralelo à X.
Fonte: Autor, 2017.

Definidos os painéis de contraventamento, modelou-se no software Ftools os pórticos que representam a associação plana de painéis com e sem trechos rígidos. Para a consideração destes trechos dos lintéis, utilizou-se das recomendações anteriormente citadas. As lajes, consideradas elementos rígidos, estão representadas através de elementos articulados com largura de 200 centímetros, altura de 10 centímetros e comprimento igual a 100 centímetros. Para efeitos de comparação, usou-se apenas os pavimentos tipo na análise.

4. RESULTADOS

Uma vez plotados os esforços, na Figura 5 pode-se comparar os momentos fletores máximos na base do primeiro pavimento da estrutura com e sem a consideração dos trechos rígidos para os lintéis. Nota-se que houve uma diferença significativa entre os métodos analisados, sem a consideração dos trechos rígidos, houve um aumento médio do momento fletor em mais de 26% na base dos painéis. Já quando comparamos os esforços cortantes máximos na base do primeiro pavimento, Figura 6, notamos um aumento de esforço cortante nos dois painéis com trechos rígidos (RX1 e RX3) de até 37%, acompanhado de um alívio no restante dos painéis de em média mais de 24% quando comparados ao método sem a consideração dos trechos rígidos para os lintéis.

Outro dado importante, vem da Figura 7, em termos de deslocamentos horizontais máximos no topo do edifício. O deslocamento lateral máximo apresentado para o trecho sem a consideração dos lintéis rígidos em X foi de 0,3978 centímetros, já para o trecho com a consideração dos lintéis rígidos em X foi de 0,3198 centímetros. A análise com a consideração dos trechos rígidos apresentou uma redução de deslocamento horizontal de aproximadamente 24% em comparação a análise sem a consideração do trecho rígido.

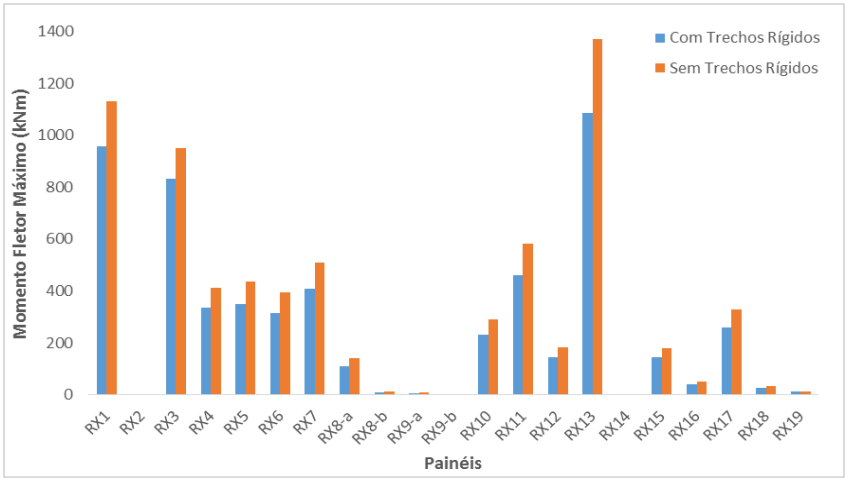


Figura 5. Associação plana de painéis – Momentos fletores máximos com e sem trechos rígidos.
Fonte: Autor, 2017.

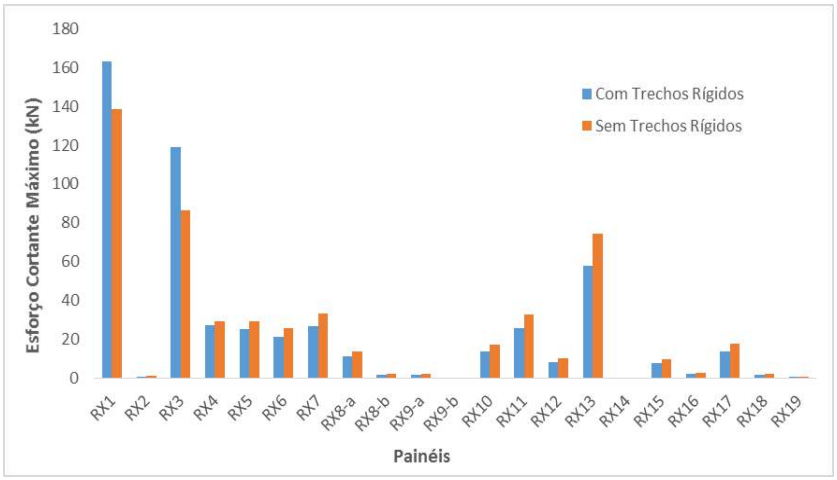


Figura 6. Associação plana de painéis – Esforços cortantes máximos com e sem trechos rígidos.
Fonte: Autor, 2017.

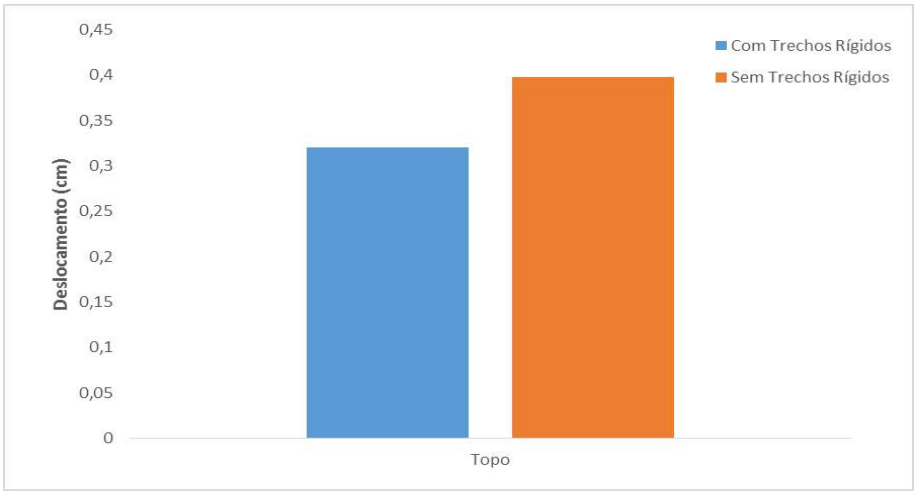


Figura 7. Associação plana de painéis – Deslocamentos horizontais máximos com e sem trechos rígidos.
Fonte: Autor, 2017.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparou-se aqui, através da associação plana de painéis, dois sistemas de consideração de distribuição de ações horizontais em uma edificação modelo de alvenaria estrutural, com e sem a consideração dos trechos rígidos nos lintéis das aberturas. Essas análises foram realizadas utilizando-se do software Ftools e considerando-se um comportamento linear elástico dos materiais.

A partir dos resultados obtidos, pôde-se verificar o ganho em rigidez da estrutura ao se considerar os trechos rígidos nos lintéis. Obviamente, os resultados dependem de fatores como comprimento dos lintéis, número de aberturas, esbeltes dos painéis de contraventamento, altura da edificação, influência dos ventos, etc. Porém, a consideração dos trechos rígidos não torna, significativamente, o processo de análise em associação plana mais complicado ou trabalhoso, atendendo às prováveis expectativas do projetista. É importante lembrar que neste exemplo, os lintéis não foram verificados à flexão e ao cisalhamento, procedimento obrigatório em uma análise mais completa, pois garantem o comportamento estrutural segundo este modelo idealizado.

Assim sendo, destaca-se o potencial do texto aqui apresentado, e a expectativa das conclusões desta mesma análise, confrontada à edificações ainda mais esbeltas e de maiores alturas.

6. REFERÊNCIAS

ABNT, 2011. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-1: Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto. Parte 1: Projeto.

ABNT, 1988. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações.

EUROPEAN COMMITTEE STANDARDIZATION, 1996. Eurocode 6 – Design of masonry structures. Part 1. London, BSI.

PARSEKIAN, G. A., 2012. Parâmetros de Projeto de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto. São Carlos. EdUFSCar.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S., 2003. Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural. São Paulo: Pini.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material contido neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

REVESTIMENTO CERÂMICO: ANÁLISES PARA ESPECIFICAÇÃO DE ACORDO COM A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575/2013

Rodrigo Padilha dos Santos
Cristina Vitorino da Silva
Uri Campus II, RS 331, Erechim - RS
rodrigo.santos@uffs.edu.br / cristina@uricer.edu.br

Resumo: *O presente trabalho aborda a preocupação com especificações inadequadas de placas cerâmicas para revestimento, pois considera-se relevante e de grande importância a especificação correta correlacionando as propriedades das placas, previstas em norma específica, com o local de aplicação. Para esta análise foram avaliadas propriedades das placas de acordo com a NBR 13818 (ABNT, 1997). De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), para especificação de revestimento cerâmico é necessário conhecer previamente os locais onde se pretende assentar as peças, para prever quais agentes agressivos a que o revestimento ficará exposto. Com base nessas avaliações foi criada uma tabela com exemplos de locais de uso estabelecendo para estes os agentes agressivos e as propriedades das placas cerâmicas que são pertinentes para cada ambiente estudado.*

Palavras chave: *Placas cerâmicas, revestimento, especificação, agentes agressivos, propriedades.*

1. INTRODUÇÃO

O aumento da variedade de tipos, formatos, cores e estampas dos revestimentos cerâmicos, assim como a aceitabilidade deste revestimento, aliados a procura por menores preços, fazem com que a produção de revestimentos cerâmicos no Brasil cresça consideravelmente a cada ano. A consolidação deste tipo de revestimento vem substituindo materiais tradicionais no revestimento de piso e paredes, devido a sua beleza, praticidade na manutenção, preço e, até mesmo, qualidade do material.

Para uma adequada utilização deste tipo de revestimento faz-se necessário considerar parâmetros técnicos para especificação correta, não somente fator estético ou custo. A escolha de parâmetros técnicos para definição de uma cerâmica deve ser avaliada considerando local de aplicação, bem como os agentes agressivos a que a placa cerâmica será submetida durante sua vida útil.

A falta de correlação entre as condições de uso e os parâmetros das cerâmicas dificulta a correta especificação deste material, bem como o atendimento das exigências impostas pelo ambiente. A escolha do material mais adequado deve passar pela análise global das condições de uso, considerando experiências anteriores.

A falta de conhecimento quanto aos parâmetros norteadores de uma especificação de revestimento cerâmico por parte dos profissionais técnicos responsáveis pelos memoriais descritivos, será um fator determinante para o não cumprimento da norma de desempenho, NBR 15.575 (ABNT, 2013), a qual estabelece vida útil mínima de 13 anos para pisos cerâmicos internos. Ainda, a referida norma na parte 3, em uma de suas premissas de projeto menciona que o projeto deve considerar para a seleção da camada de acabamento as principais características de uso de cada ambiente, ou seja, isso nada mais é do que realizar um correto procedimento para especificação de pisos.

A qualidade das placas cerâmicas não está intrínseca somente ao produto, mas também está relacionada à adequação ao uso. A NBR 13816 (ABNT, 1997) classifica revestimento cerâmicos como "Conjunto formado pelas placas cerâmicas, pela argamassa de assentamento e pelo rejunte". Portanto, a garantia de eficiência do sistema de revestimento cerâmico está relacionada à adequação da placa ao local de utilização, qualidade dos materiais e serviços de assentamento.

A especificação adequada é o primeiro passo para o bom desempenho de um sistema de revestimento cerâmico. A falta de conhecimento ou a dificuldade de entendimento dos dispositivos normativos sobre as propriedades deste tipo de revestimento promovem equívocos de especificação, ou até mesmo deixam a atribuição de indicação da placa cerâmica a cargo do consumidor ou até mesmo para vendedores, fator este que poderá implicar em não atendimento de desempenho estabelecido pela NBR 15575 (ABNT, 2013).

Devido à importância da correta especificação das placas cerâmicas para revestimento, a dificuldade de correlacionar as propriedades previstas na NBR 13818 (ABNT, 1997) com a utilização destas e visando atender as exigências de desempenho previstas na NBR 15575 (ABNT, 2013), foi desenvolvida uma tabela com definição de

parâmetros principais para especificação do revestimento cerâmico mais adequado para cada utilização, considerando os ambientes estudados.

2. PESQUISA DE FORNECEDORES

Sete fabricantes líderes de venda no mercado de revestimento cerâmico foram avaliados, selecionadas entre as dez empresas brasileiras, fabricantes de cerâmica para revestimentos e louças sanitárias, que apresentaram peças premiadas na Semana de Design de Milão na edição 2015. Esta informação foi obtida junto à ANFACER. A avaliação de apenas sete das dez fabricantes expositoras se deve ao motivo de que três delas expuseram louças sanitárias.

As fabricantes não são identificadas pelos seus nomes comerciais, para tanto serão tratados como F1, F2, F3, F4, F5, F6 e F7.

2.1 Resultado da pesquisa nos sites e catálogos de fornecedores

Após pesquisa nos sites dos sete fabricantes, buscando avaliar se haviam e quais seriam os procedimentos adotados sobre a conscientização de especificações adequadas ao local de uso. Além disso, foi verificado se havia uma preocupação por parte destes quanto ao atendimento a norma de desempenho das edificações.

Um fator que 5 dos 7 fabricantes estudados destacam em seus catálogos é que seus revestimentos não possuem garantia contra riscos (especialmente os revestimentos com superfícies brilhantes). Justificado pelo fato de que o revestimento esta suscetível, na maioria dos casos, a ação da areia (quartzo – Dureza de Mohs igual a 7).

Outra informação verificada é que todos os fabricantes estão preocupados quanto a norma de desempenho, tendo em vista que todos citam que seus pisos, em condições adequadas de utilização, atendem aos requisitos de desempenho e qualidade, ou seja, transferem a responsabilidade por eventuais problemas com as placas aos especificadores ou às construtoras.

Os catálogos das empresas estavam de fácil localização e, na maioria dos casos, no formato PDF, onde todos os usuários podem baixar sem a necessidade de realização de cadastro. Porém, nestes catálogos não há uma facilidade de entendimento quanto às características das peças, uma vez que faltam informações importantes.

Após coletadas estas informações buscou-se verificar nos sites ou catálogos às propriedades consideradas obrigatórias, segundo a NBR 13818 (ABNT, 1997). Esta verificação está apresentada na Tab.1.

Tabela 1. Informações presentes nos sites dos fornecedores avaliados

Propriedade da placa cerâmica	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Absorção de água							
Módulo de resistência a flexão							
Carga de ruptura							
Classe de abrasão superficial							
Resistência à abrasão profunda							
Resistência ao gretamento							
Coeficiente de atrito							
Expansão por umidade							
Resistência à manchas							
Resistencia à agentes químicos							
Recomendação de uso							

Informação presente
Informação não encontrada

Fica visível por meio da Tab.1, que nem todas as empresas cumprem com o estabelecido na norma sobre as informações ou propriedades obrigatórias de acordo com a NBR 13818 (ABNT, 1997). Este é um fator dificultador para os especificadores de placas cerâmicas para revestimento.

A maioria dos sites apresentam linhas filtradas por sugestões de uso por local, porém um profissional ao especificar uma cerâmica, conforme apenas esta informação, pode cometer equívocos, pois com exceção do fabricante 5, não foram verificados os dados de propriedades das cerâmicas selecionadas pelo site. Para tornar uma especificação mais confiável faz-se necessário saber quais são as propriedades filtradas pelo sistema, recomendando-se, ainda, que se tenha a geração de um relatório destas.

O fabricante 5 possui uma ferramenta com uma utilização intuitiva, eficiente e com foco em auxiliar o especificador ou consumidor leigo a verificar quais as propriedades necessárias para a placa cerâmica, considerando o local de aplicação. Após a seleção dos filtros da forma de utilização do revestimento, o site gera um resumo das características

necessárias para placa cerâmica a ser utilizada. Ainda, o mesmo fabricante fornece todas as informações estabelecidas pela NBR 13818 (ABNT, 1997) para todas as linhas de revestimento cerâmico.

Os fabricantes 4 e 6 apresentam códigos próprios para suas placas cerâmicas, fator este que dificulta a comparação com outras marcas. Ao observar a legenda dos códigos atribuídos, verifica-se que são informados apenas os possíveis locais de utilização e a resistência ao manchamento.

Os fabricantes 4 e 7 têm em seu portfólio de produtos algumas cerâmicas indicadas como de "uso geral", não mencionando as classificações exigidas por norma. Um fator que fica evidente com esta concepção de uso geral é que o consumidor irá pagar mais por isso, uma vez que uma mesma placa cerâmica poderá ser aplicada tanto em uma área externa ou em uma garagem, quanto para revestimento de uma parede (local de menor agressividade).

3. ESPECIFICAÇÃO DE REVESTIMENTO CERÂMICO

Glufke (2008) considera que a escolha de um produto de revestimento cerâmico, envolve diversos fatores técnicos e estéticos que deverão ser observados, tais como dados da obra, dimensões, usos, metragens e outros ligados às características técnicas do produto, como resistência mecânica, resistência à abrasão, coeficientes de absorção de água, coeficientes térmicos e químicos.

Para especificação de revestimento cerâmico, é importante o atendimento ao disposto na NBR 13818 (ABNT, 1997) considerando os parâmetros de segurança e desempenho, tendo em vista as condições de utilização, ou seja, o tipo de ambiente onde será aplicado o revestimento e o clima local.

Segundo dados da ANFACER (2016), o setor brasileiro de revestimentos cerâmicos é constituído por 92 empresas, com maior concentração nas regiões Sudeste e Sul e em expansão no Nordeste do país. Segmento produtivo de capital essencialmente nacional, é também um grande gerador de empregos, com cerca de 27 mil postos de trabalho diretos e em torno de 200 mil indiretos ao longo de sua cadeia produtiva.

A Fig.1 apresenta graficamente a evolução da produção de placas cerâmicas nas indústrias brasileiras desde o ano de 2006. Assim como a produção, a venda de placas cerâmicas segue este crescimento devido a sua aceitação e qualidade. A Fig.2 apresenta um estudo de comercialização de placas cerâmicas para revestimento do ano de 2008 ao ano de 2015 realizado pela ANFACER (2016).

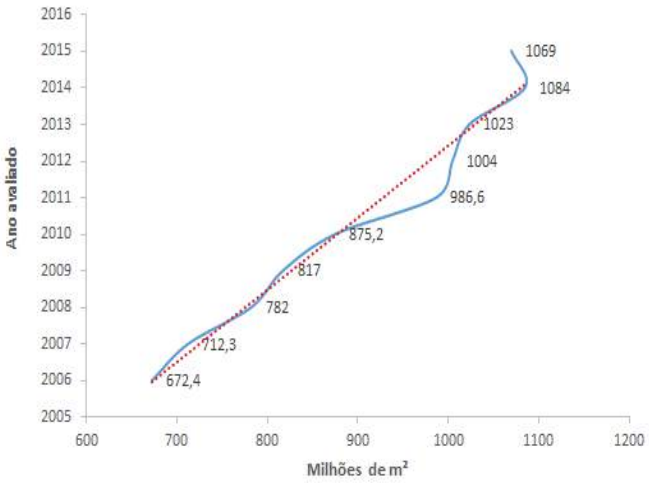


Figura 1. Produção brasileira de revestimento cerâmico em milhões de m² (Adaptado de ANFACER (2016))

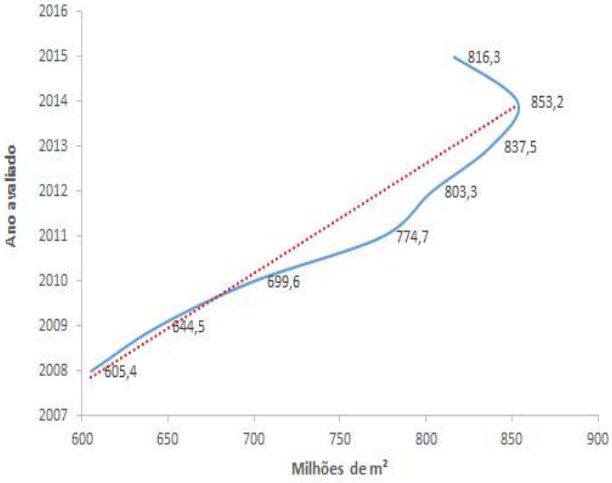


Figura 2 - Venda de revestimento cerâmico em milhões de m² (Adaptado de ANFACER (2016))

3.1 Especificação

Uma construção envolve diversas fases, desde a concepção do projeto, passando por sua execução até a finalização com os acabamentos. As fases de execução e acabamento dependem necessariamente da fase de projeto, que é onde devem ser previstos todos materiais necessários para se suprir as necessidades impostas pelo desejo do consumidor de ter sua casa da maneira tão sonhada, ou seja, sem problemas que demandam de reformas e manutenções a curto prazo. Para tanto faz-se necessária a correta especificação de todos os materiais a serem empregados na obra.

O desempenho de um revestimento cerâmico está diretamente ligado às condições a que este fica exposto durante sua vida útil. Existem diferentes tipos de agressividades a que as placas cerâmicas podem estar expostas, tais como agentes químicos, solicitações térmicas, ações mecânicas, umidade, dentre outras. Considerando isso é de fundamental importância que, para uma correta especificação, sejam avaliados os tipos de agressividade que as placas cerâmicas estarão expostas.

Foi realizada uma pesquisa em publicações que tratam de especificações e que considerem, para a indicação, o local de aplicação desta. Após isso foi feita uma avaliação para verificar se estas especificações estão coerentes com a NBR 13818 (ABNT, 1997).

A NBR 13818 (ABNT, 1997) apresenta uma tabela com algumas indicações básicas sobre as características mínimas para avaliação de um revestimento cerâmico, conforme local de utilização, a Tab.2 representa como está descrito na referida norma. Com a Tab.2 fica evidente que não há como considerar as mesmas propriedades para todos os locais de aplicação de uma cerâmica, havendo características e solicitações diferentes para cada caso.

Tabela 2. Características necessárias conforme local de utilização (Adaptado de NBR 13818(ABNT, 1997))

Usos	Características
Fachadas, piscinas e saunas	Expansão por umidade
Pisos industriais	Resistência ao impacto
Pisos antiderrapantes	Coeficiente de atrito
Lareiras e assemelhados	Dilatação térmica e choque térmico
Pisos	Carga de ruptura e expansão por umidade
Ambientes externos em regiões sujeitas a neve e geada, e em câmaras frigoríficas	Resistência ao congelamento

Foi montado uma relação com os possíveis locais de utilização de revestimentos cerâmicos, bem como com a agressividades que estes podem representar para as placas cerâmicas. Inicialmente buscou-se identificar as classes de uso, bem como os locais de aplicação e agentes agressivos de cada ambiente estudado. Após a avaliação destes locais, foram atribuídas as propriedades relevantes para cada aplicação de revestimento cerâmico, considerando a NBR 13818 (ABNT, 1997).

A Fig.3 apresenta a metodologia utilizada desde a seleção de locais a serem usados, até a indicação das características necessárias.

Figura 3. Metodologia de estabelecimento de propriedades para especificação de placas cerâmicas

A exemplo da NBR 13818 (ABNT, 1998), foram avaliados os locais de aplicação de revestimento cerâmico de acordo com seus agentes agressivos. A Tab.3 apresenta um exemplo de critérios avaliados para os locais exemplificados.

Para o caso de especificação de revestimento cerâmico para uma edificação com locais conjugados deve-se levar em consideração o ambiente mais agressivo e especificar de acordo com a agressividade deste. Um exemplo claro disso, é verificado caso fosse usada a Tab.3 para especificação de um revestimento para um apartamento com cozinha e área de serviço conjugados, a especificação considerada deve ser a da área de serviço, de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 1997).

Outro ambiente que foi dado especial atenção foi locais que possam ter conexão direta com piscinas, pois esta apresenta todos os agentes agressivos da piscina, além de se tornar escorregadio com a presença de lâmina de água. Outra possibilidade de agente agressivo é o uso lavajato ou dispositivos mais agressivos para limpeza.

Cabe salientar que a Tab.3 trata de apenas alguns exemplos de locais que foram estudados, este cuidado com a avaliação do fator agressivo que cada local representa para o revestimento deve ser realizado para cada ambiente que se deseja aplicar revestimento cerâmico.

Tabela 3. Exemplo de análise dos locais estudados com agentes agressivos principais avaliados

Local	Agentes agressivos	Fatores determinantes para especificação
Área de serviço	Arrasto de materiais	Resistência à abrasão superficial
	Possibilidade de criação de lâmina de água	Absorção de água
	Produtos de limpeza quimicamente agressivos	Resistência a ataque químico
	Exposição a produtos manchantes	Resistência a mancha
Banheiro	Produtos de limpeza quimicamente agressivos	Resistência a ataque químico
	Lâmina de água	Absorção de água
Cozinha	Produtos de limpeza quimicamente agressivos	Resistência a ataque químico
	Arrasto de cadeira e mesa	Resistência à abrasão superficial
	Produtos manchantes	Resistência a mancha
Garagem	Peso	Carga de ruptura e resistência a flexão
		Absorção de água
	Desgaste superficial devido a manobra de veículo	Resistência à abrasão superficial
	Exposição a sujidades constantemente	Resistência a mancha / Limpabilidade
	Produtos de limpeza quimicamente agressivos	Resistência a ataque químico
Locais de acesso a piscina	Lâmina de água	Absorção de água
	Produtos químicos	Resistência a ataque químico
	Produtos manchantes	Resistência a mancha
	Ambientes escorregadios	Coeficiente de atrito
	Desgaste superficial	Resistência à abrasão superficial

3.1.1 Separação de ambientes nas edificações residenciais conforme NBR 15575 (ABNT, 2013)

A Norma de desempenho, NBR 15575 (ABNT, 2013), separa os ambientes nas edificações residenciais em áreas secas, molhadas ou molháveis.

A diferença entre estes locais é que áreas secas são locais onde, em condições normais de uso e exposição, a utilização direta de água (por exemplo, lavagem com mangueiras, baldes de água, etc) não está prevista nem mesmo durante a operação de limpeza.

Áreas molháveis são áreas da edificação que recebem respingos de água decorrente da sua condição de uso e exposição e que não resulte na formação de lâmina de água (por exemplo, banheiro sem chuveiro, cozinhas e sacadas cobertas).

Áreas molhadas são áreas da edificação cuja condição de uso e exposição poderá resultar na formação de lâmina de água (por exemplo, banheiro com chuveiro, área de serviço e áreas descobertas).

Ainda, a referida norma cita que ambientes molhados requerem resistência ao escorregamento de maneira a garantir a segurança em uso.

3.2 Especificação para locais com agressividades específicas

3.2.1 Academia e área de musculação

As propriedades indicadas para academia são corretas, porém é preciso salientar que em locais de musculação podem ocorrer queda de pesos que danificam as peças cerâmicas utilizadas no piso. Para tanto, recomenda-se que seja adotado dispositivos para minimizar o efeito do impacto de pesos com o piso.

Uma alternativa é a utilização de peças emborrachadas que são colados sobre o piso cerâmico existente na edificação, mantendo a superfície do piso protegida dos impactos.

Cabe ressaltar que como se trata de um caso especial de aplicação de pisos, mesmo com o uso de placas emborrachadas, podem ocorrer danos ao piso, pois as condições de uso podem ser muito severas.

3.2.2 Corredor de serviço

Para especificação de pisos a serem utilizados em corredores de serviço de locais públicos ou comerciais, um profissional deve avaliar se estes locais serão utilizados como rota de fuga. Caso este seja usado como rota de fuga deve ser avaliada instruções técnicas dos bombeiros da região onde se deseja construir.

Para os demais casos a especificação indicada atende a requisitos de qualidade e desempenho.

3.2.3 Galeria de lojas

Em tratando-se de galerias de lojas a indicação realizada foi feita considerando lojas que representam maior agressividade para os pisos. As propriedades adotadas consideram tráfego intenso de carrinhos de supermercados carregados e passagem de máquinas pesadas para transporte de paletes de mercadorias estocadas.

Caso seja construída uma galeria com lojas que não possuam tais agentes agressivos mencionados anteriormente é possível especificar um piso minimamente inferior ao indicado, porém não se recomenda esta prática tendo em vista que as lojas alocadas na galeria podem ser mutáveis, com isso os agentes agressivos também se alternam.

3.2.4 Hall de entrada

Assim como os corredores de serviço, se não houver saída de emergência ou se esta for considerada uma, tal passagem pode exigir coeficiente de atrito maior. Logo, recomenda-se verificar instruções técnicas com bombeiros da região de implantação da edificação.

4. CONCLUSÕES

A crescente aceitabilidade estética dos revestimentos cerâmicos em todos os tipos de ambiente não foi suficientemente acompanhada pela normalização do setor, de modo que as exigências e classificações de norma não garantem as necessidades atuais do mercado com relação aos requisitos de durabilidade e desempenho.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) veio tentar suprir as lacunas existentes para proporcionar aos especificadores e usuários uma correta especificação de pisos, buscando-se uma obtenção de desempenho satisfatório. Porém, uma especificação mais correta passa, necessariamente, pela utilização de métodos e classificações que guardem correlação com as solicitações impostas a estes materiais durante seu uso.

Os ambientes descritos na Tab.3 foram estabelecidos considerando os locais de principal utilização de revestimento cerâmico, avaliando os agentes agressivos presentes em cada caso, tal processo foi efetuado, para se ter uma base das propriedades e características de uso.

Com a publicação da Norma de desempenho, faz-se ainda mais necessária a especificação detalhada, considerando as condições locais, climáticas e de uso. Deve-se criar maneiras de conscientizar os profissionais da área – Arquitetos e Engenheiros – sobre a importância e a necessidade de se especificar revestimento cerâmicas pelas propriedades das placas, ou seja, avaliando os agentes agressivos de cada local.

5. REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13816. Placas Cerâmicas para Revestimento - Especificação e Métodos de Ensaios. Rio de Janeiro, 1997.

_____. NBR 13818. Placas Cerâmicas para Revestimento - Especificação e Métodos de Ensaios. Rio de Janeiro, 1997.

_____. NBR 15575. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho, Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO. Base de dados da pesquisa. São Paulo: ANFACER. Home page <http://www.anfacer.org.br> Acesso em: 23/10/2016.

GLUFKE R. M., 2008. “A percepção do especificador de revestimentos cerâmicos”. Florianópolis, UFSC, Brasil.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DOS EFEITOS DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DE VIDRO MOÍDO NO CONCRETO CONVENCIONAL

Sabrina Paloma Bonfanti Bottega
Alessandra Zaleski
Bruno Marangoni
Suelen C. Vanzetto
URI Campus II , RS 331, Erechim - RS
sabrinabottega@hotmail.com; suelen.van@hotmail.com

Resumo. *Atualmente tem-se um enorme problema relacionado à reciclagem das embalagens de vidro e garrafas Long Neck uma vez que estas não tem um destino adequado devido ao seu elevado custo de transporte. Considerando isso, nesta pesquisa estuda-se a possibilidade da utilização do resíduo de vidro moído em substituição parcial do agregado miúdo no concreto convencional. Para tal realizou-se a caracterização dos materiais que foram utilizados para confecção dos corpos de prova, e definiram-se os teores de vidro moído que foram substituídos no concreto, os quais foram de 10%, 20% e 50%, além de uma mistura de referência na qual não houve a utilização do resíduo. Avaliou-se a sua utilização através do ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial. Analisando os resultados e comparando os teores de substituição com o traço referência, é possível constatar que a utilização do resíduo de vidro moído em substituição do agregado miúdo é viável e pode ser utilizado para produção de concretos para fins estruturais, e não estruturais.*

Palavras chave**:** *garrafas Long Neck, resíduo de vidro moído, concreto.*

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil consome uma enorme quantidade de recursos naturais e de energia, além de ser uma grande geradora de resíduos. Devido ao aquecimento ocorrido nas ultimas décadas, o concreto passou a ser um dos produtos mais utilizados em todo o mundo. Como o concreto é um produto composto da mistura do cimento com agregados, é crescente a preocupação com a extração destes agregados que são matérias primas naturais. Devido a isso, estão sendo desenvolvidos estudos com o intuito de incorporar resíduos aos materiais de construção, já que a construção civil tem uma grande capacidade para absorver tanto os resíduos produzidos por ela, quanto os resíduos produzidos por outras economias (SIMÕES, 2013).

O Brasil produz em média 980 mil toneladas de embalagens de vidro por ano, ocupando cerca de 45% de matéria-prima reciclada na forma de cacos. Esses cacos são oriundos do refugo nas fábricas e da coleta seletiva dos municípios, no entanto os outros 55% das matérias-primas são retiradas da natureza. Apenas 47% do total de embalagens que são utilizadas no Brasil foram recicladas em 2010, ou seja, mais da metade dessas embalagens tem um destino que não é o adequado (CEMPRE, 2016).

Dentre os diferentes tipos de embalagens de vidro que são utilizadas se tem as garrafas Long Neck, que são hoje um grande problema devido ao seu descarte após a utilização. Este tipo de garrafa, por não ser retornável para um novo envase, gera um enorme problema ambiental. Isso pode ser constatado indo a um local onde existiu uma festa, onde as garrafas estarão espalhadas por toda a parte (COCCO et al., 2011).

Devido à dificuldade e a falta de reciclagem das embalagens Long Neck, esta pesquisa propõe a utilização dessas garrafas depois de moídas, em substituição parcial do agregado miúdo na fabricação do concreto convencional, pretendendo reduzir o impacto ambiental do concreto e dos resíduos no ambiente.

2. METODOLOGIA

Para esta pesquisa, foi utilizado como aglomerante hidráulico na elaboração do concreto o cimento CP IV-32, sendo fornecido em sacos de 50 Kg. Optou-se pelo seu uso por ter alto teor de adições de pozolana e, conforme estudos

comprovam, esta tem capacidade de inibir a reação álcali-agregado. O agregado graúdo utilizado é de origem basáltica, chamado comercialmente de brita 1, classificado na zona granulométrica 9,5/25 pela NBR 7211/2009. Já o agregado miúdo utilizado é uma areia média natural de origem quartzosa.

O resíduo de vidro moído utilizado na pesquisa é proveniente da moagem de Garrafas Long Neck. Estas garrafas foram recolhidas de diferentes bares da cidade de Erechim/RS. Após coletadas foram lavadas e seus rótulos foram removidos. O processo de moagem foi feito primeiramente de forma manual e em seguida no moinho de bolas.

Com o intuito de proporcionar melhor trabalhabilidade para o concreto com a adição do resíduo de vidro moído foi utilizado um aditivo superplastificante. O aditivo é para concreto, líquido, pronto para o uso e livre de cloretos. Atua como dispersante do material cimentício, propiciando super plastificação e alta redução água, tornado o concreto com maior trabalhabilidade sem alteração do tempo de pega. A quantidade a ser utilizada foi definida no momento da concretagem, para respeitar o abatimento estabelecido para essa pesquisa, que foi definido em um abatimento de tronco de cone de 100 ± 20 mm.

2.1 Programa experimental

A Fig. 1 mostra o fluxograma esquemático das etapas realizadas no desenvolvimento da pesquisa.

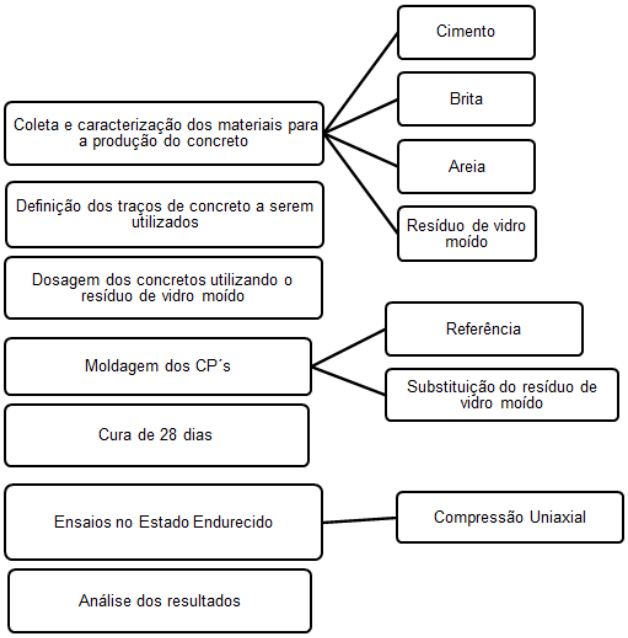


Figura 1. Fluxograma das etapas dos ensaios realizados na pesquisa

2.2 Definição dos Parâmetros de Moldagem

Para a elaboração dos concretos desta pesquisa foi adotada a metodologia de dosagem experimental IPT/EPUSP, proposto por Helene e Terzian (1992).

A partir do Diagrama de Dosagem obtido na dosagem experimental, foi definido o traço de concreto para a pesquisa, através da resistência característica (fck), de 25 MPa. Após foi confeccionado um concreto com traço 1:4 como referência, e com substituições de 10%, 20% e 50% de resíduo de vidro moído.

Como variável de resposta aos 28 dias, foi realizado o ensaio de resistência à compressão uniaxial, segundo a NBR 5739/2007, que avaliou a propriedade mecânica dos concretos estudados. Na Tab. 1, encontra-se a matriz experimental desta pesquisa.

Tabela 1. Matriz Experimental.

Teor de Substituição	Consumo de cimento	Relação água/cimento	Slump	Variáveis de Resposta
				Resistência à Compressão
0%	419,082	0,5	120	28 dias
10%			115	
20%			105	
50%			120	

2.3 Moldagem dos Concretos

A moldagem dos corpos de prova seguiu as especificações da NBR 5738 (2003), para moldagem e cura de corpos de prova de concreto. Os corpos de prova foram moldados em fôrmas metálicas, que visam a redução de perdas da pasta de cimento e de variabilidade dimensional de cada traço. Estas fôrmas têm dimensão cilíndrica de 10 X 20 cm, e foram untadas com desmoldante.

Após moldagem, os CP's foram submetidos ao processo de adensamento em plataforma vibratória. Posteriormente foram identificados e cobertos a fim de evitar a perda de água. Passadas 24 horas foram desmoldados e colocados em câmara úmida para curar até completar 28 dias.

Antes da realização do ensaio foi feito o processo de retificação, para evitar uma distribuição não uniforme da tensão de compressão em determinados pontos, que possam interferir nos resultados devido à irregularidade na superfície de topo do corpo de prova.

2.4 Ensaio de resistência à compressão uniaxial

A resistência à compressão é o parâmetro principal de análise e caracterização do concreto. Refere-se à capacidade do elemento em resistir aos esforços sem entrar em ruptura. Para o ensaio de compressão Uniaxial utilizou-se a NBR 5739 (2007), que prescreve o método pelo qual devem ser ensaiados à compressão os corpos de prova cilíndricos de concreto. Utilizou-se a prensa hidráulica do LAPATEC (Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas), onde foram medidas as resistências à compressão uniaxial aos 28 dias de idade do concreto. O corpo de prova foi colocado centrado sobre o prato da máquina e submetido a uma carga que aumentava progressivamente até a ruptura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resistência à compressão uniaxial

Na Fig. 2, estão apresentados os resultados das médias da resistência à compressão uniaxial, obtidas através da média aritmética e desvio padrão.

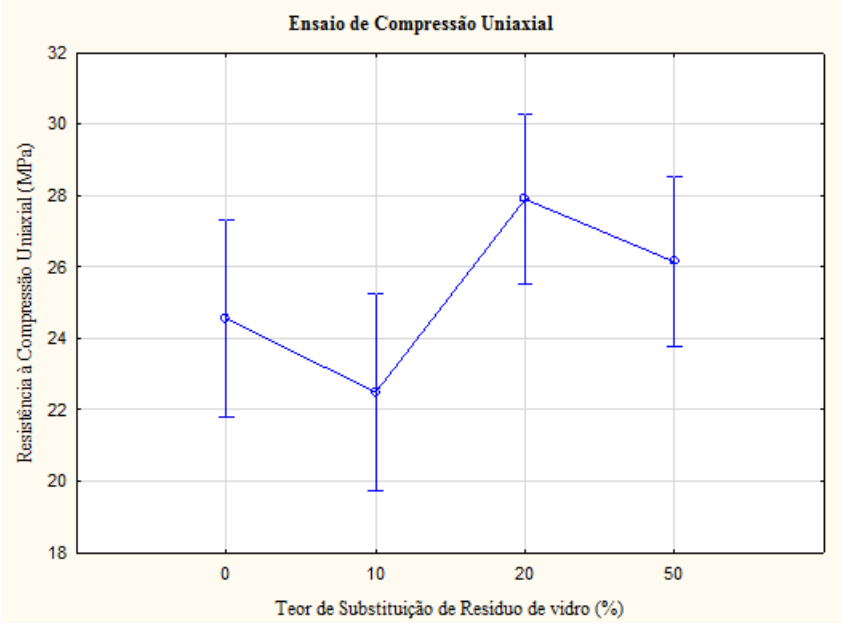


Figura 2. Efeito do teor de substituição do resíduo de vidro moído na resistência à compressão uniaxial

Observa-se na Fig. 2 que os traços com 20% e 50% de substituição apresentaram um melhor desempenho, com resistência média de 27,91 MPa e 26,15 MPa, respectivamente, quando comparados com a resistência do concreto de referência que é de 24,36 MPa.

Cordeiro e Montel (2015) afirmam que o aumento de resistência está relacionado com a característica pozolânica que o vidro adquire quando em fina granulometria, isso o torna mais reativo que a areia, porém a melhora da resistência também pode ocorrer devido a um melhor empacotamento das partículas do concreto, em função das pequenas partículas do vidro ter a capacidade de ocupar os vazios do concreto.

Metha e Monteiro (2008) afirmam que com a redução do índice de vazios, obtêm-se um concreto com maior compacidade, e consequentemente um melhoramento na resistência em todos os esforços que o concreto está sujeito.

No traço com 10% de substituição de areia por resíduo de vidro moído a média de resistência à compressão uniaxial é de 22,46 MPa enquanto que a do traço de referência é de 24,56 MPa. López et al. (2005) alega que isso se deve a existência de vazios no concreto, por não se ter uma quantidade ideal de finos, ou seja, o teor de substituição é muito baixo tendo poucos finos na mistura.

4. CONCLUSÕES

Em análise aos resultados obtidos no ensaio, o melhor teor de substituição a ser utilizado é o teor de 20%, pois apresentou um aumento na resistência à compressão uniaxial maior que os demais teores, até mesmo que o traço de referência.

Segundo Metha e Monteiro (2008) o concreto com resistência característica de 25 MPa pode ser utilizado com fins estruturais. Portanto, as substituição de 20% e 50%, que apresentaram resistência à compressão uniaxial de 27,91 MPa e 26,15 MPa, respectivamente, podem ser empregadas na produção de concretos estruturais, como na utilização em pilares, vigas, vergas, contra vergas e lajes, desde que respeite a classe de agressividade ambiental.

Por meio dos ensaios realizados e as análises de seus resultados, pôde-se concluir que o traço de referência e o teor de 10% de substituição de areia por resíduo de vidro moído são viáveis para concretos com funções não estruturais, por exemplo, na confecção de blocos de concreto não estrutural, placas de vedação, meio fios, peças decorativas, calçadas, contrapisos, entre outros.

O reaproveitamento do resíduo de vidro, proveniente da moagem de garrafas Long Neck, na indústria da construção civil se mostrou viável, considerando que quando foi utilizado na produção de concretos convencionais produziu resultados muitos satisfatórios, quando comparados com os corpos de prova de referência. A utilização desse resíduo evita o descarte em aterros, tornado os concretos produzidos com a substituição parcial do agregado miúdo um material de construção sustentável.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

COCCO, I. R.; PINTO, A. H.; ANTONELLO, A.; PORTOLAN, E. Reaproveitamento de materiais não degradáveis no reparo de coberturas: vidro, isopor e embalagens tetra pak. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO, 16., 2011, Cruz Alta. Anais... Cruz Alta, 2011

CONSÓRCIO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM (CEMPRE). Net, São Paulo, 2016. Disponível em: <www.cempre.org.br>. Acesso em: 15 de ago. 2016.

CORDEIRO, R.D.S.; MONTEL, A. L. B. Estudo da viabilidade para a produção de concretos com adição de resíduos de vidro em substituição ao agregado miúdo na cidade de Palmas – TO. Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, v.2, N° Especial, p. 104-123, 2015.

HELENE, P.; TERZIAN, P. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo: PINI, 1992.

LÓPEZ, D. A. R.; DE AZEVEDO, C.A. P.; BARBOSA NETO, E. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro moído como agregado fino. Revista Cerâmica, São Paulo, v. 51, p. 318-324, out/dez. 2005.

METHA, P K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. 3 ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

SIMÕES, L. J. Estudo da aplicação de resíduo de vidro laminado na produção de concreto. 2013. 142f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Vitória, 2013.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PERSPECTIVAS DE DURABILIDADE EM ESTRUTURAS DE CONCRETO COM REJEITO DE PEDRA AMETISTA

Tuani Zat
Fernanda De Marco
William Widmar Cadore
URI – Câmpus de Frederico Westphalen – Rua Assis Brasil, 709, Bairro Itapagé, Frederico Westphalen – RS – 98.400-000
tuanizat@hotmail.com; fernanda_demarco@hotmail.com; william@uri.edu.br

Resumo: *A exploração de minérios no Rio Grande do Sul é responsável pela disposição ambientalmente incorreta de resíduos industriais de pedra ametista, a partir da necessidade de encontrar outro destino para este rejeito iniciou-se a presente pesquisa com o intuito de verificar o seu comportamento quando inserido no concreto em substituição ao agregado graúdo. A substituição foi feita em 100%, mantendo um concreto como referência, nas relações a/c de 0,4, 0,5 e 0,6. Foram realizados ensaios de compressão axial nas idades de 3, 7, 28, 91, 182 e 364 dias, e carbonatação natural 28, 91, 182 e 364 dias, de forma a obter um resultado amplo de comportamento do mesmo em termos de durabilidade. Devido ao alto índice de absorção do material, o mesmo apresenta comportamento não linear quando trata-se da resistência, no entanto, o traço com relação a/c 0,5 apresenta resultados melhores que o concreto utilizado como referência. Tratando-se de carbonatação natural, ensaio que mede a ação do CO_2 nas estruturas, concretos com relação a/c 0,4 não apresentaram sinais da mesma aos 364 dias, concretos com relação a/c 0,5 e 0,6 apresentam resultados satisfatórios, sendo que os mesmos indicam que a durabilidade atende à idade prevista de 50 anos.*

Palavras-chave: *Concreto, durabilidade, rejeitos industriais, carbonatação natural*

1. INTRODUÇÃO

Conforme o pensamento do filósofo Heráclito[1], a realidade do mundo é algo dinâmico, isto é, em constante mudança, no qual, segundo suas ideias, no universo tudo flui, tudo está em constante movimento e transformação. A engenharia e as tecnologias construtivas possuem o conceito semelhante ao ponto que na natureza nada é eterno, tudo o que existe, vivo ou inanimado, está em permanente transformação. Do ponto de vista da engenharia construtiva, o não eterno reflete o conceito de ideia de ciclo de vida do produto o qual está relacionado diretamente com o desempenho e durabilidade.

Frente a esse contexto, estão inseridos os rejeitos industriais utilizados na construção civil. Ao mesmo tempo, insere-se nessa conjuntura a cidade de Ametista do Sul, o qual tornou-se conhecida devido a extração de pedras preciosas, especificamente a pedra ametista e a ágata. Atualmente toda a região está envolvida com o garimpo, atividade responsável por parte considerável da economia da região do Médio Alto Uruguai.

A explotação (retirada, extração e obtenção) dos minérios se dá por meio de galerias horizontais, sempre a uma mesma altitude. A retirada é feita com o uso de explosivos e gera uma grande quantidade de resíduos que há anos são depositados irregularmente nas encostas dos morros, utilizando áreas que poderiam ser destinadas a outras atividades agrícolas, deixando assim de gerar renda para a agricultura familiar da região.

A pesquisa emerge da necessidade de buscar alternativas viáveis para a utilização dos rejeitos produzidos pela extração de ametista. Devido à sua origem basáltica e quimicamente inerte, acredita-se que uma alternativa viável seria a utilização desse rejeito adicionado ao concreto, em substituição do agregado graúdo.

Atualmente o concreto é um material que tem seu processo de produção e utilização amplamente disseminado em todo o mundo, a facilidade de utilização do mesmo em praticamente todas as áreas de construção proporcionou essa popularidade desde a sua descoberta. Segundo Pedroso (2009) o concreto é o segundo material mais consumido no mundo, chegando a uma média 1,9 tonelada por habitante por ano, valor esse que só perde para a água em questões de consumo.

O concreto é composto de materiais presentes em todo o mundo. O Cimento Portland, utilizado como aglomerante quando adicionado de água, trabalha em conjunto com os agregados, que podem ser graúdos ou miúdos, e tem origem de diversos tipos de rochas, adaptando-se às diversas regiões.

[1] Heráclito foi um filósofo pré-socrático que viveu aproximadamente entre 540 a.C. e 470 a.C.

Com a evolução dos materiais e a busca por estruturas cada vez mais sustentáveis e que atendam a demanda de durabilidade impostas pelas normas brasileiras e estrangeiras é de suma importância a avaliação minuciosa do comportamento de um concreto com a adição de um novo agregado. A durabilidade de uma estrutura é muito importante, de forma que a eficiência da mesma aumenta proporcionalmente ao aumento da sua durabilidade. A utilização de materiais que são considerados "rejeitos" de outro tipo de indústria não devem indicar a perda de qualidade do material, mas sim e uma chance de melhora-la.

Sendo assim, foi analisada a carbonatação de um concreto adicionado de rejeito da extração de pedra ametista e comparados esses valores com um concreto adicionado de um agregado graúdo com venda em larga escala no mercado. A partir desses resultados foi analisada a durabilidade e viabilidade de utilização do rejeito material como agregado em concreto.

2. REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Durabilidade das estruturas

Existem alguns conceitos estabelecidos em normas que definem durabilidade e vida útil. A NRB 6118 (2014) define durabilidade como a capacidade de um elemento estrutural resistir à ações ambientais previstas e definidas pelo autor do projeto estrutural e o seu contratante, na fase inicial da concepção do projeto. Prevê ainda que as estruturas devem ser construídas de maneira a manter a segurança, estabilidade e serviço correspondente ao seu tempo de uso ou vida útil.

Ainda a durabilidade, conforme a ISO 13823 (2008) pode ser representada como a capacidade de um elemento estrutural ou componente de satisfazer os requisitos prescritos no projeto, sob influência das ações ambientais ou pelo processo natural de envelhecimento, durante determinado tempo.

Tabela 1 – Exigências dos usuários

Exigências do usuário	Requisitos e critérios
Segurança	Segurança Estrutural
	Segurança contra o fogo
	Segurança no uso e na operação
Habitabilidade	Estanqueidade
	Conforto térmico
	Conforto acústico
	Conforto lumínico
	Saúde, higiene e qualidade do ar
	Funcionalidade de acessibilidade
	Conforto tátil e antropodinâmico
Sustentabilidade	Durabilidade
	Manutenabilidade
	Impacto Ambiental

Fonte: Adaptado de NBR 15.575 (2013)

A NBR 15.575 (2013), nas suas versões de 1 ao 6, trata dos requisitos gerais de desempenho e vida em que podem ser interpretados como o período durante o qual o produto atende às necessidades ou exigências do usuário(Tab. 1), ou seja, é o tempo, após a instalação de um material ou componente de uma edificação, durante o qual o seu desempenho excede os valores mínimos aceitáveis, quando sofrerem intervenções programadas de manutenção.

2.2 Carbonatação Natural

Segundo Cadore (2008) a carbonatação pode ser definida como um processo físico-químico de neutralização da fase líquida presente nos interstícios do concreto. O processo é assim nomeado devido a reação de neutralização entre o hidróxido de cálcio (CH) e o gás carbônico (CO_2), que resulta em carbonato de cálcio ($CaCO_3$). Ressalta também que os principais compostos que provocam a carbonatação são o gás carbônico (CO_2), o dióxido de enxofre (SO_2) e o gás sulfídrico (H_2S).

A carbonatação provoca no concreto uma diminuição do seu pH e alteração da sua porosidade, alterando o volume dos seus poros devido as reações químicas que ocorrem. Desta forma, quando as reações de carbonatação chegam ao nível da armadura provocam a sua corrosão, causando assim efeitos irreversíveis a estrutura de concreto armado.

A carbonatação é um processo de difusão e conforme o modelo adotado por Tuuti (1982), a profundidade é o produto do coeficiente de carbonatação pela raiz quadrada do tempo, conforme a Equação 1.

$$e_c = k\sqrt{t} \qquad \text{(Equação 1)}$$

A carbonatação nas estruturas de concreto ocorre de acordo com os fatores de presença de umidade e teor de CO_2 na atmosfera. Em geral umidades próximas a 65% tendem a causar maior efeito, por manterem a difusão nos poros da matriz cimentícia, combinada com o teor da atmosfera. O valor da atmosfera depende do local o qual está inserido.

Barker e Mathews (1994), apud Possan (2010), verificaram que concretos armazenados em ambiente de laboratório, UR 65% e temperatura de 20ºC, apresentam carbonatação com maior velocidade do que os expostos ao ar livre (protegidos da chuva), com redução de aproximadamente 40% da profundidade carbonatada, ou seja, em ambiente laboratorial, as condições são mais adversas.

A alteração do pH pode ser verificada em ensaio, com a aspersão de uma solução fenolftaleína sobre os corpos de prova, essa aspersão modifica a coloração do concreto de forma que áreas não atingidas adquirem coloração vermelho carmim, e áreas atingidas permanecem com a coloração cinza do concreto. A coloração apresenta diversas nuances de acordo com o pH e pode ser melhor verificada na Figura 1, sendo que faixas com vermelho carmim mais vivo apresentam pH em torno de 14, e faixas sem coloração apresentam pH próximo a 0.

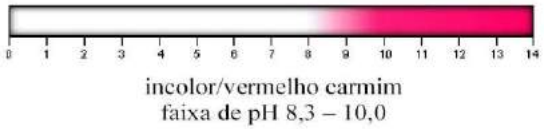


Figura 1 - Distribuição da coloração de acordo com o pH.
Fonte: Castro (2003)

Atualmente a competitividade no mercado de trabalho e a grande evolução em pesquisas na área de materiais de construção nos permite avaliar as características necessárias de um concreto, por exemplo, desde a etapa do projeto de uma estrutura. Considerando o aumento na produção de CO2 nos últimos anos e os danos causados pela carbonatação na durabilidade de uma estrutura de concreto armado, preza-se pela qualidade de cobrimento de concreto, ou pela utilização de aditivos ou minerais que reajam menos com o CO2.

Desta forma, torna-se muito importante estudar a reação de carbonatação nas amostras do concreto com adição do rejeito industrial de pedra ametista, para garantir que o seu desempenho não será afetado.

3. RESULTADOS

Para obtenção dos resultados da presente pesquisa foram processados os traços necessários e moldados copos de prova cilíndricos 10x20 cm. Os mesmos foram desmoldados após 24 horas e então seguiram para o local escolhido para a sua exposição ao ambiente (Figura 2). Alcançada a idade prevista os mesmos eram levados ao laboratório para realização do ensaio de compressão diametral (Figura 3), o qual fornece duas metades nas quais a leitura de carbonatação pode ser observada.

Cada face do corpo de prova foi medida e nomeada e então a aspersão com a solução de Fenolftaleína (Figura 4) foi realizada, sendo que essa aspersão é responsável por evidenciar a região carbonatada no corpo de prova (Figura 5). Foram realizadas imagens de cada face do corpo de prova e estas inseridas em software para medição da área carbonatada (Figura 6) que é o objetivo final deste procedimento.

Figura 2 - Exposição dos corpos de prova

Figura 3 – Ensaio de compressão diametral

Figura 4 – Aspersão de Fnolftaleína

Figura 5 – Região carbonatada

Figura 6 – Medição da área carbonatada no AutoCAD

Sob estas condições foram obtidos os valores da profundidade carbonatada (e_c) e coeficiente de carbonatação (Kc), apresentados na Tab. 2. Para os traços com relação água cimento 0,4, não foi identificado carbonatação até os 364 dias.

Tabela 2 - Profundidades médias carbonatadas (PC) e Coeficientes de Carbonatação (Kc).

Traço	**RE5**		**RE6**		**RR5**		**RR6**	
Dias	e_c (mm)	Kc*	e_c (mm)	Kc*	e_c (mm)	Kc*	e_c (mm)	Kc*
28	-	-	-	-	-	-	-	-
91	1,25	2,49	2,13	4,27	1,84	3,68	1,8	3,61
182	1,28	1,81	2,43	3,44	1,88	2,66	2,02	2,85
364	1,34	1,34	5,39	5,39	2,24	2,24	4,09	4,09

* (mm/ano^{0,5})

A partir dos valores encontrados nos ensaios de carbonatação natural foi produzido o gráfico à seguir (Figura 7), no qual podemos observar uma evolução da profundidade carbonatada em relação ao tempo de exposição expressivamente menor nos traços com relação a/c 0,5 em comparação aos traços com relação a/c 0,6.

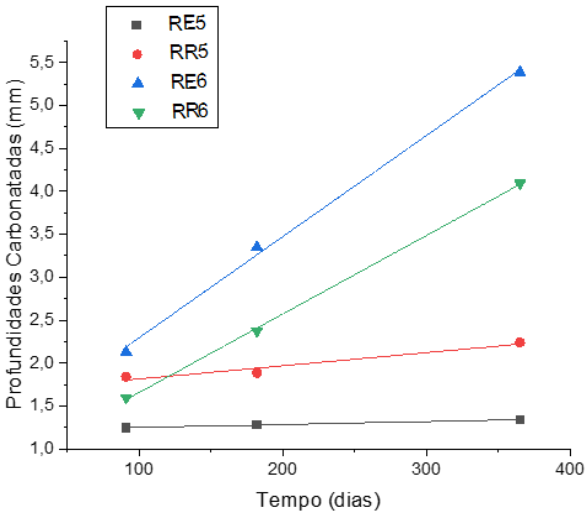


Figura 7 – Evolução da profundidade carbonatada em função do tempo.

Levando ainda em consideração que os traços com relação a/c 0,4 ainda não apresentaram carbonatação aos 364 dias podemos constatar que o comportamento apresentado segue a premissa de que quanto maior a relação a/c, maior a porosidade do concreto de forma que a penetração do CO2 se torna mais eficiente com o aumento da mesma. Tomando o tempo em anos, verifica-se o crescimento da frente carbonatada com a idade. No entanto, é importante ressaltar que há a tendência de que decréscimo dos coeficientes de carbonatação com a idade pois há a colmatação dos poros do concreto e diminuição da exposição do mesmo aos agentes agressores.

Sendo o coeficiente de carbonatação (Kc) um valor que nos permite a avaliação da profundidade carbonatada e do comportamento dos concretos em relação aos agentes agressores, estão apresentados os valores de Kc na Figura 8.

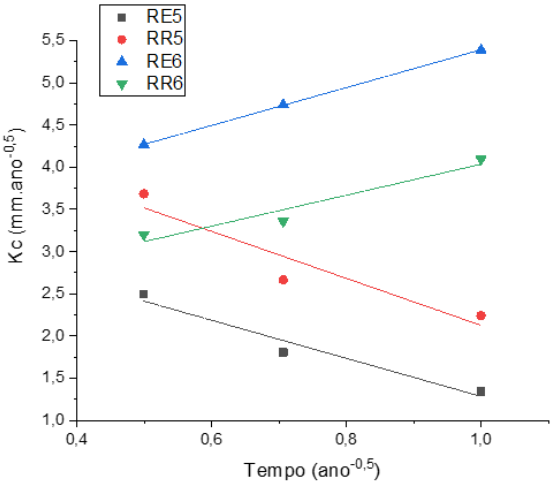


Figura 8 – Valores de coeficientes de carbonatação (Kc) em função do tempo.

Os valores de Kc para os traços com relação a/c 0,6 apresentam tendências lineares crescentes, com angulação de 15º e 13º com o eixo das abcissas, para RE6 e RR6 respectivamente, mostrando-se quase paralelos, o que evidencia uma tendência de crescimento da carbonatação muito semelhante entre os dois traços.

Para os traços com relação a/c 0,5, os valores de Kc apresentam tendências lineares decrescentes, com angulação de 19º e 15º negativamente com o eixo das abcissas para RR5 e RE5 respectivamente, evidenciando uma diminuição na aceleração da carbonatação nos mesmos. Esse evento pode estar ligado com o fato de que um traço com relação a/c mais baixo também é menos poroso, sendo que assim a penetração dos agentes agressores é dificultada.

Tabela 3 - Estimativa de profundidade carbonatada para vida útil de 50 anos.

Traço	**Profundidade Carbonatada em 50 anos (mm)**			
	RE5	**RE6**	**RR5**	**RR6**
$\mathbf{e_{c\ 91}}$	17,6	30,19	26,02	25,52
$\mathbf{e_{c\ 182}}$	12,79	24,32	18,80	20,15
$\mathbf{e_{c\ 364}}$	9,47	38,11	15,83	28,94

Os valores apresentados até então são de idades iniciais, mas indicam uma tendência do comportamento e principalmente da durabilidade dos concretos produzidos com rejeito de garimpo de pedra ametista. Dessa forma, tomando a camada de cobrimento da armadura de 30mm segundo a classe II de agressividade ambiental e o parâmetro da vida útil das estruturas com abordagem prescritiva em 50 anos definidos pela NBR 6118:2014, foi realizada uma estimativa profundidade, indicados na Tab. 3.

A análise apresenta profundidades carbonatadas maiores aos 91 dias que aos 182 e 364 demonstrando que a aceleração da carbonatação decresce com o aumento da idade. Assim, considerando 30 mm o ponto limite para 50 anos, aos 91 dias, apenas o traço de referência RE6 apresenta comportamento acima do estabelecido. Especificamente para os traços com resíduo de pedra ametista, os valores estão adequados para elementos com vigas e pilares. Quando a análise se refere aos 182 dias, todos os traços atendem os requisitos de durabilidade das estruturas previsto pela NBR 6118:2014 para elementos estruturais como vigas e pilares.

Já utilizando os valores encontrados na idade de 364 dias podemos observar que um valor chegou muito próximo do limite, o traço RR6, e um ultrapassou o mesmo, o traço RE6, resultados insatisfatórios de forma que o uso destes traços fica limitado a obras localizadas em ambientes menos agressivos ou que não necessitem de alta durabilidade. A partir destes resultados foi estimada a idade em que os traços chegariam à 30 mm de carbonatação, para obter um valor mais próximo da durabilidade real do concreto, tendo sido encontrados os valores apresentado na Tab. 4.

Tabela 4 - Estimativa de idade para uma profundidade carbonatada de 30mm.

Traço	**Idade (anos)**			
	RE5	**RE6**	**RR5**	**RR6**
$e_{c\ 91}$	145,2	49,4	66,5	69,1
$e_{c\ 182}$	274,7	76,1	127,2	110,8
$e_{c\ 364}$	501,2	31,0	179,4	53,8

O traço RE6 apresenta resultados abaixo do esperado para uma durabilidade mínima das estruturas, onde com os resultados de 91 dias ele chegaria aos 30 mm de profundidade aos 49,4 anos, e com os resultados de 364 dias ele chegaria aos 30 mm de profundidade aos 31,0 anos, sendo estes valores muito abaixo do esperado para uma estrutura, tornando praticamente inviável a utilização deste traço. O Traço RR6, com valores de 364 dias, apresenta uma estimativa de 53,8 anos para atingir a carbonatação máxima, sendo este um valor também preocupante de forma que deve-se ter cuidado na sua utilização como concreto estrutural.

Com um viés extremamente contrário temos os traços RE5 e RR5 que apresentam estimativa com resultados de 364 dias, para chegada aos 30 mm de carbonatação aos 501 e 179 anos, respectivamente. Sendo estes valores extremamente satisfatórios e que contribuem para o aumento da durabilidade dessas estruturas. Podemos observar portanto que a contribuição da relação a/c na durabilidade das estruturas é de extrema relevância, considerando que uma mudança de 0,1 neste fator gera resultados de eficiência contra a penetração de agentes agressores notavelmente diferentes.

Os resultados como um todo indicam que com os devidos cuidados e conhecimento do material, os concretos produzidos com rejeito de pedra ametista apresentam bom desempenho na substituição do agregado graúdo, de forma que o mesmo tem capacidade e características necessárias para a sua produção e comercialização em escala industrial na região, trazendo inúmeros benefícios da retirada do material de disposição incorreta, além da possibilidade de uma melhoria da durabilidade nas estruturas construídas na região devido à melhores resultados quando expostos a agentes agressores.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento - NBR 61118/2014**, Rio De Janeiro. RJ, 2014.

CASTRO, A. **Influência das adições minerais na durabilidade do concreto sujeito à carbonatação**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Goiás.

ISO 13823:2008(en), **General principles on the design of structures for durability.** [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:13823:ed-1:v1:en>. Acesso em: 1º ago. 2017.

PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e a evolução do material Construtivo mais usado pelo homem**. Revista Concreto e Construções – IBRACON, n.53, p. 14-19, 2009.

POSSAN, Edna. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano.** 2010.

TUUTI, K. **Corrosion steel in concrete**, Swedish Cement and Concrete, Stockholm, 1982. 469 p.

5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelas informações impressas neste documento.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL COM ADIÇÃO DE FIBRAS PET QUANDO SUBMETIDO A ELEVADAS TEMPERATURAS

Natália Smaniotto Bach
Vinícius André Tochetto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS-331, Erechim – RS.
natalia.smaniotto@hotmail.com / vinitochetto@hotmail.com

Daiane Brisotto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS-331, Erechim – RS.
daiabrisotto@uricer.edu.br

Resumo: *O concreto, devido a sua grande utilização no setor da construção civil, é atualmente um dos materiais mais estudados e aperfeiçoados. Estudos relativos à exposição a situações extremas e novos materiais vêm ganhando força. Os corpos de provas de concreto foram expostos à temperatura de 300°C durante um intervalo de tempo de 30, 60 e 90 minutos e, posteriormente ao resfriamento, foram ensaiados à resistência à compressão uniaxial e comparados aos corpos de prova á temperatura ambiente. Primeiramente foram analisados corpos de prova de concreto auto-adensável de alta resistência. Em seguida foram introduzidas fibras de polietileno tereftalato (fibras de PET) na matriz cimentícia e as alterações causadas na resistência à compressão uniaxial foram analisadas. Para o concreto com fibras, o decréscimo da resistência à compressão exposto por um período de 90 minutos foi de 23,93% comparado ao concreto em temperatura ambiente. De maneira geral, verificou-se ainda que para o teor de fibras adotado não foi possível prevenir os lascamentos explosivos decorrentes de alta temperatura*.

Palavras-chave: *Concreto, Fibras de polietileno tereftalato, Resistência à compressão uniaxial.*

1.INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil. A grande utilização do concreto deve-se a fatores técnicos e econômicos. Quanto aos fatores técnicos, este material possui bom desempenho em relação à resistência mecânica, facilidade de moldagem e execução, durabilidade diante de intempéries, grande disponibilidade da matéria-prima, entre outros. Em relação aos fatores econômicos, o concreto possui um bom custo benefício quando comparado aos outros materiais estruturais. Desta forma, em consequência da grande aplicabilidade deste material, existe a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre o seu comportamento.

O Concreto auto-adensável, trata-se de um dos maiores avanços na tecnologia de concreto, o CAA vem ganhando cada vez mais espaço em obras por todo o mundo, graças a pesquisas que desde então vêm sendo desenvolvidas e a aplicações bem sucedidas.

O comportamento de maior relevância é o efeito spalling ou lascamento. É um fenômeno natural nas estruturas de concreto quando expostas a altas temperaturas, pois dentro da matriz do concreto desenvolvem-se tensões de origem térmica, que aparecem em forma de desintegração das regiões superficiais.

O concreto de alta resistência é mais suscetível ao spalling explosivo, devido principalmente a sua baixa permeabilidade de vapor de água, quando comparado ao concreto de resistência normal e ainda em função da microestrutura muito compacta, que dificulta a liberação do vapor, e consequentemente o alívio de pressões. Esse tipo de spalling é teoricamente originado pela formação de pressão de vapor de água nos poros no interior de uma massa de concreto durante seu aquecimento. Depende ainda de uma série de fatores entre os quais os principais são: a geometria e o tamanho da seção transversal da amostra, a configuração da armadura, a idade do concreto, a natureza petrográfica do agregado graúdo, entre outros.

Os estudos sobre o concreto ao longo dos anos têm dado ênfase a áreas de pesquisa que buscam melhorar seu comportamento mecânico, como a durabilidade, o controle de qualidade e resistência a situações extremas, por exemplo. Neste contexto, tem havido uma crescente busca por concretos mais resistentes e duráveis, caracterizados por uma alta densidade e um baixo volume de vazios. Entretanto, a matriz densificada tende a contribuir para o aumento da sensibilidade do material a altas temperaturas.

O reforço do concreto se dá através da adição de fibras de alto módulo e resistência. Uma das vantagens do reforço proporcionado pelas fibras é o fato destas se distribuírem aleatoriamente no material, reforçando toda peça, e não em

determinada posição. Deste modo se torna uma alternativa viável para o caso de estruturas contínuas como pavimentos. As fibras podem ser adicionadas por diversas finalidades, como reforço ao concreto ou no controle a fissuração, minimização da retração plástica, e ainda na prevenção do efeito spalling ou lascamento.

A escolha da fibra PET como elemento de reforço da matriz de concreto, fundamenta-se por se tratar de um resíduo 100% reciclável, de baixo custo e abundante no meio, apresentando uma opção de reuso do resíduo. O uso de fibras de baixo ponto de fusão reduz o risco de lascamento e fissuração do concreto por meio da formação de uma rede de pequenos vazios e canais que permitem a dissipação da pressão de vapor, diminuindo as tensões de tração internas.

Sendo assim, diante da necessidade de estudos neste ramo da construção civil e técnicas empregadas neste meio, esta pesquisa irá analisar o efeito da adição de fibra PET na resistência á compressão do concreto quando este for submetido a altas temperaturas, comparando com o comportamento do concreto convencional nas mesmas condições.

2.MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi utilizado como aglomerante hidráulico o cimento denominado CP V-ARI, que tem a peculiaridade de atingir altas resistências já nos primeiros dias da aplicação. As propriedades de composição química do cimento são dadas na Tabela 1. O agregado graúdo utilizado consiste em uma brita de origem basáltica, chamada comercialmente de brita 0. Suas propriedades foram determinadas de acordo com a NBR NM 248/2003 e NBR NM 53/2003. O agregado miúdo é uma areia média natural de origem quartzosa. Suas propriedades foram determinadas com base na NBR NM 248/2003, NBR NM 52/2009, NBR NM 30/2001.

Tabela 1. Composição química do cimento

Elemento	Al_2O	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O
%	4.31	18.84	2.71	60.57	4.31	2.98	0.71

A fibra utilizada foram fios de PET de 1,25mm de espessura com comprimento de 20mm, no teor de 0,5% em relação ao volume de concreto (Figura 1). As fibras foram obtidas a partir de garrafas de refrigerante por meio de um processo de reciclagem artesanal. O processo consiste em destruir o frasco em uma máquina manual e armazená-los em rolos. A seguir a figura 1 mostra o tamanho no qual a fibra foi adicionada no concreto:

Figura 1. a) Fibras de PET; b) Comprimento da fibra de PET.

O traço decorre diretamente de um traço padrão, conforme apresentado na Tabela 2, e não ocorreram alterações na sua dosagem, apenas a adição das fibras. Foi fixada a relação água/cimento em 0,52, baseado nos limites de acordo com a norma NBR 6118/2004. Houve uso de aditivo superplastificante.

Tabela 2. Proporção de materiais

Traço	Traço unitário desdobrado					Consumo de cimento (Kg/m³)
	Cimento	Aditivo	Sílica	Areia	Brita	
1:4,5	0,9	0,01	0,1	2,02	2,47	395,33

A consistência (estado fresco) foi determinada através do ensaio de Determinação do Espalhamento e do Tempo de Escoamento (Método do Cone de Abrams) pela NBR 15823/2 (ABNT, 2010) como mostrado na figura 2-a, e

Determinação da Habilidade Passante (Método da caixa L) através da NBR 15823/4 (ABNT, 2010), mostrado na figura 2-b.

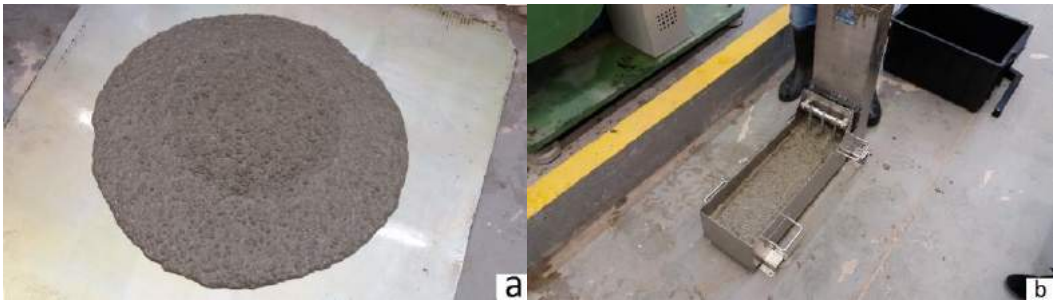


Figura 2. a) Determinação do Espalhamento; b) Determinação da Habilidade Passante

A fim de caracterizar as propriedades mecânicas dos concretos reforçados com fibras de PET no estado endurecido, os corpos de prova foram aquecidos em um forno elétrico (mufla) e em seguida, deixados no laboratório para o resfriamento natural no ar e, após 24 h, foram realizados testes de resistência à compressão. A tabela 3 mostra como foi organizada a matriz experimental:

Tabela 3. Matriz experimental

Combinações	Teor de Fibras (%)	Comprimento das fibras (mm)	Temperatura de exposição (ºC)	Tempo de exposição (min)	Resistência à compressão	Número de CP's
0 - 23 - 0	-	-	23	-	28 dias	3
0 - 300 - 30			300	30		4
0 - 300 - 60				60		4
0 - 300 - 90				90		4
1 - 23 - 0	0,5	1,25x20	23	-	28 dias	3
1 - 300 - 30			300	30		4
1 - 300 - 60				60		4
1 - 300 - 90				90		4

3.RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Determinações das propriedades no estado fresco

A caracterização do concreto no estado fresco segue a normativa de critérios de aceitação do concreto auto adensável. A seguir, nas tabelas 4 e 5, serão apresentados os resultados dos ensaios da mistura obtidos no estado fresco antes do processo de moldagem dos corpos de prova, para o concreto sem adição de fibras e contendo fibras.

Tabela 4. Método do Cone de Abrams

	Medidas perpendiculares (mm)		Espalhamento (mm)	T500 (s)
Sem fibras	700	750	725	2,48
Com fibras	640	740	690	2,61

Tabela 5. Método da caixa “L”

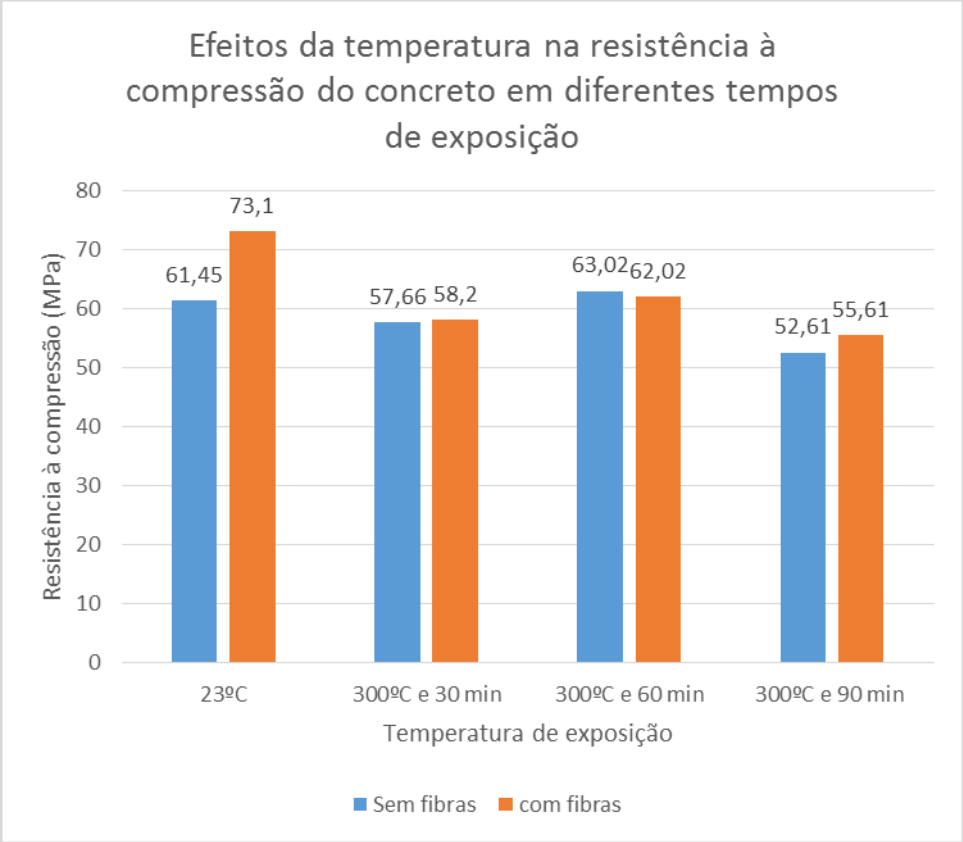
	Alturas		Hm
	H1	H2	
Sem fibras	65	70	1,07
Com fibras	60	70	1,17

Com a realização do ensaio de Determinação do Espalhamento e do Tempo de Escoamento (Método do Cone de Abrams) procurava-se obter a mistura que se encontrasse na classe de espalhamento SF2 (Adequada para a maioria das aplicações correntes) conforme a NBR 15823/2 (ABNT, 2010) onde, neste caso, o traço confirmou o esperado. O mesmo ocorreu com o ensaio de Determinação da Habilidade Passante (Método da caixa L) em que a mistura se encontrou na classe de viscosidade plástica aparente PL 2/PJ 2 (Adequada para a maioria das aplicações correntes) de acordo com a NBR 15823/4 (ABNT, 2010). Por fim, certifica-se que o concreto cumpriu com suas características auto adensáveis.

3.2 Resistência à compressão uniaxial

De todos os parâmetros que influenciam na qualidade de concreto, tais como resistência mecânica, permeabilidade, durabilidade e deformações, o mais sensível ás variações intrínsecas de produção e o mais fácil de ser quantificado é a resistência à compressão medida através dos corpos-de-prova moldados, curados e ensaiados conforme a normatização NBR 5739/2007. No gráfico 1 estão apresentados os valores à resistência à compressão uniaxial média.

Gráfico 1. Resultados médios do ensaio de resistência à compressão uniaxial em diferentes tempos de exposição.



De acordo com os resultados apresentados no gráfico 1, observa-se que á temperatura ambiente o concreto com adição de fibras apresentou um acréscimo de resistência à compressão uniaxial de 14% em relação ao sem adição de fibra.

Observando o comportamento apresentado nota-se que para a temperatura de exposição de 300°C, a variação da resistência à compressão para o concreto com adições é pequena, se comparado ao sem adição de fibra, indo de encontro ao exposto por Rodrigues (1994), o qual afirma que poucas alterações ocorrem no concreto exposto a temperaturas de até 300ºC.

Quando comparado o concreto com fibras a temperatura ambiente, ao concreto exposto à temperatura de 300 °C para os diferentes tempos de 30, 60 e 90 minutos houve um decréscimo da resistência à compressão de 20,38%, 15,16% e 23,93%, respectivamente. O mesmo pode ser verificado na análise do concreto sem adição de fibras à temperatura ambiente, ao concreto contendo fibras nos tempos de exposição de 30 e 90 minutos, obteve-se redução das resistências à compressão em 5,58% e 9,5%. Estes resultados mostraram que com o aumento da exposição do tempo, a diferença de resistência, para os concretos estudados, decaia. Em outras palavras, a adição de fibras perde sua eficiência.

Ao analisar a temperatura de exposição de 300°C, o concreto com fibras apresentou 1% e 6% de acréscimo de resistência em relação ao concreto sem fibras no tempo de exposição de 30 e 90 minutos, respectivamente. No tempo de

60 minutos não houve alteração na resistência a compressão uniaxial. Uma justificativa plausível é a complexidade do fenômeno, devido à interação simultânea entre os diferentes fatores - que afetam o comportamento material - dificultando sua análise individual, bem como a inevitável variabilidade da execução do teste. A figura 3 mostra alguns corpos-de-prova após o ensaio à compressão uniaxial.

Figura 3. a) Corpos-de-prova rompidos, com adição de fibras; b) Corpo-de-prova rompido, sem adição de fibras

Os concretos avaliados foram expostos a temperaturas superiores a 300°C, sendo que, os mesmos apresentaram o fenômeno conhecido como lascamento ou spalling, do tipo explosivo, a temperaturas próximas de 500°C. De acordo com Georgali e Tsakiridus (2005), a perda de água proveniente das transformações sofridas pelos produtos hidratados do cimento e pelas variações volumétricas suportadas pelos agregados e pela matriz cimentícia, são as causas da fissuração, e consequentemente do desplacamento. Este fenômeno começa a ser verificado em temperaturas superiores a 300°C. A figura 4 mostra o efeito spalling do tipo explosivo.

Figura 4. Corpo-de-prova sob efeito spalling,

De certa forma, os componentes da pasta de cimento se mostram bastante vulneráveis a temperaturas elevadas. Sob ação de um processo de aquecimento, os mesmos ficam sujeitos às transformações químicas, por exemplo, a temperaturas em torno de 450ºC e 500ºC, há a transformação de Ca(OH)2 em CaO o que provoca uma retração na pasta, ocorrendo o aparecimento de microfissuras; simultaneamente à retração da pasta, os agregados expandem, a

temperaturas de aproximadamente 300ºC, provocando o surgimento de movimentações térmicas diferenciais as quais acabam por reduzir a capacidade portante da estrutura.

Em seus experimentos, Phan (2002) observou que uma alternativa para minimizar os efeitos de formação de pressão interna no concreto seria a introdução de fibras de polipropileno, devido ao seu derretimento em temperaturas próximas a 160ºC e a criação de vazios que permitam o alívio das pressões de vapor, porém, tem sido constatado que, nas extremidades dos vazios anteriormente ocupados pelas fibras, podem ocorrer nucleação e propagação de fissuras.

4.CONCLUSÕES

Os resultados mostram perdas consideráveis na resistência à compressão uniaxial quando o concreto fica submetido à temperatura elevada por longos períodos de tempo, confirmando o que diz a literatura. De forma geral, diversos estudos apontam que o concreto perde aproximadamente 25% de sua resistência mecânica à compressão original quando aquecido em temperaturas da ordem de 300°C e aproximadamente 75% quando exposto a valores da ordem de 600°C.

De forma geral, os concretos adicionados de fibra de PET apresentaram valores de resistência residual superiores quando comparados aos concretos sem adição à temperatura de 300°C. O comportamento de concreto de fibra adicionada era esperado. As fibras incorporadas na massa fundida da matriz de cimento, com a elevação da temperatura, aumentam a porosidade do material e os porosos inventados podem ser preenchidos com a água evaporada e/ou servem de caminho de migração para gases quentes.

Sendo assim, o uso de fibras de PET apresentou resultados satisfatórios para resistência à compressão em concretos à temperatura ambiente, no entanto quando o concreto foi submetido a temperaturas superiores à 300°C observaram-se perdas significativas da resistência e lascamentos, visto que, a intensidade das transformações na distribuição dos poros é função do patamar de temperatura alcançado.

5.REFERÊNCIAS

Costa, C. N; Figueiredo, A. D; Silva, V. P. O fenômeno do lascamento (“spalling”) nas estruturas de concreto armado submetidas a incêndio –uma revisão crítica. Instituto Brasileiro de Concreto –44º Congresso Brasileiro. 2002.

Kodur, V.R. Performance of high-strength concrete in fire. Construction Canada, Ottawa, v42, no1, p6-9, January, 2005.

Britez, A. C; Costa, N. C. Ações do fogo nas estruturas de Concreto. Instituto Brasileiro do Concreto, São Paulo, vol 2, p.1029-1065, 2011.

Menezes, I.A. Avaliação de concreto com adição de fibras de PET submetidas a altas temperaturas. 87p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

Figueiredo, A. D. Concreto reforçado com fibras. Tese (Livre-docência) – Escola Politecnicada Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Nince, A. A. Lascamento do Concreto exposto a altas temperaturas. 2007. 300p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR NM 53: Agregado graúdo: Determinação da massa especifica, massa especifica aparente e absorção de água*. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR NM 52: Agregado miúdo: Determinação da massa especifica e massa especifica aparente*. Rio de janeiro, 2009.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR NM 30: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água*. Rio de Janeiro, 2001..

_____. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR 15823/2: Concreto auto adensável: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento - Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 15823/4: Concreto auto adensável: Determinação da habilidade passante - Método da caixa L. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

Rodrigues, J. P. C. Recuperação de estruturas danificadas por incêndio. 1994. 214 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Coimbra, 1994.

Georgali, B; Tsakiridis, P.E. Microstructure of fire-damaged concrete. A case study. Cement & Concrete Composites. Atenas, Grécia, v. 27, p. 255-259, 2005.

Lima, R.C.A. Investigação do comportamento de concretos em temperaturas elevadas. 257p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

Phan, L. T. High-strength concrete at high temperature. Building and fire research laboratory. National Institute of Standard and Technology, 2002.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO REGIONAL: PRODUÇÃO DE CONCRETOS COM O USO DE REJEITO DE PEDRA AMETISTA

William Widmar Cadore
Mariana Bandieira
Tuani Zat
URI – Câmpus de Frederico Westphalen – Rua Assis Brasil, 709, Bairro Itapagé, Frederico Westphalen – RS – 98.400-000
william@uri.edu.br; marianabandieira@hotmail.com; tuanizat@hotmail.com

Resumo: *Na região do Médio Alto Uruguai está localizado município de Ametista do Sul, conhecido por ser o maior exportador de pedras como ametistas e ágatas. Essa atividade tornou-se ao longo dos anos responsável pela manutenção da economia local, por meio dessa exploração. O estudo dos rejeitos gerados a partir da mineração de pedras preciosas na região do médio alto Uruguai gaúcho objetiva caracterizar fisicamente o material através de pesquisas bibliográficas e ensaios laboratoriais para utilizar o rejeito de rocha em substituição à brita convencional no concreto e analisar a influência desta substituição na resistência à compressão axial e análise de módulo estático de elasticidade. Dessa forma os resultados indicam que tecnicamente os concretos atendem aos requisitos comerciais de 25 MPa aos 28 dias, ultrapassando os valores de 40 MPa aos 365 dias, sendo que um dos traços de concreto utilizado possui valores de resistência à compressão axial superiores para a mistura que recebeu a substituição da brita convencional pelo rejeito de rocha. Dentre os resultados obtidos os valores de módulo de elasticidade do concreto através do ensaio previsto pela NBR 8522 são em média cerca de 40% maiores do que os valores obtidos através da metodologia proposta pela NBR 6118:2014.*

Palavras-chave: concreto, rejeito de rocha, módulo de elasticidade, resistência.

1. INTRODUÇÃO

Sob a óptica do desenvolvimento regional por meio da indústria do ambiente construído, podemos incorporar como elemento exponencial pesquisas e desenvolvimento de produtos que empreguem juntamente o conceito de desempenho a partir da durabilidade ao longo do tempo. Isso pode ser entendido como a capacidade de um produto de cumprir a função para a qual ele foi projetado. Assim, pelo processo natural, a degradação dos materiais e componentes possui relevância a partir do fator econômico bem como o ciclo energético.

Na região do Médio Alto Uruguai está localizado município de Ametista do Sul, conhecida por ser o maior exportador de pedras como ametista e ágata. Essa atividade tornou-se ao longo dos anos responsável pela manutenção da economia local, por meio dessa exploração.

Em um contexto ambiental, tem-se o excedente de um material sem uso específico e que pode ser beneficiado a baixo custo para uso na construção civil, por exemplo. Esse potencial foi identificado pelo GEPAC (Grupo de Estudos e Pesquisa do Ambiente Construído) da URI, Câmpus de Frederico Westphalen, que vem desenvolvendo estudos de aplicação do rejeito de pedra ametista para produção de compostos cimentados como concretos, argamassas e blocos intertravados.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Atendendo aos objetivos propostos de fundamentação técnica do material foram feitos ensaios físicos e análises químicas do rejeito de rocha, com o intuito de utilizá-lo em substituição ao agregado graúdo no concreto.

Após a realização dos ensaios deu-se início a fase de moldagem dos corpos de prova destinados aos ensaios de resistência à compressão axial e módulo estático de elasticidade do concreto.

Para isso, foram empregados dois tipos de misturas para a produção dos concretos com três relações água/aglomerante resultando em seis padrões de amostra. Uma foi considerada amostra padrão ou de referência e contou com as relações água/aglomerante de 0,4, 0,5 e 0,6 recebendo uma nomenclatura da seguinte forma: RE4, RE5 e RE6. A outra amostra, a ser comparada, teve a substituição da brita pela pedra de origem de resíduo da exploração da pedra ametista também nas relações água/aglomerante de 0,4, 0,5 e 0,6 que recebeu a nomenclatura RR4, RR5 e RR6.

Foram adotadas as idades de 3, 7, 28, 91, 182 e 365 dias para os ensaios de resistência à compressão axial e 28, 91 e 182 dias para os ensaios de módulo estático de elasticidade.

Para a dosagem dos concretos foi seguida a seguinte descrição:

a) Traço 1: RE4 – 1:1,377; 2,194; 0,40
b) Traço 2: RE5 – 1:1,955; 2,664; 0,50
c) Traço 3: RE6 – 1:2,533; 3,133; 0,60
d) Traço 4: RR5 – 1:1,377; 2,194; 0,40
e) Traço 3: RR4 – 1:1,955; 2,664; 0,50
f) Traço 4: RR6 – 1:2,533; 3,133; 0,60

Para a confecção dos traços propostos, foi adotada para a produção de concretos, a seguinte ordem de colocação dos materiais na betoneira: (Brita + toda água) + 0,5 min + (cimento) + 2 min + areia + 3 min.

Foram moldados 144 corpos de prova para análise da resistência à compressão axial nas idades estabelecidas. Posteriormente foram moldados mais 54 corpos de prova para a análise do módulo estático de elasticidade do concreto.

Os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas da moldagem e ficaram em processo de cura úmida em tanques de imersão contendo uma solução básica com o intuito de conter as reações bem como o calor de hidratação liberado devido ao tipo de cimento utilizado.

Os materiais utilizados deveriam conter as seguintes características:

a) cimento portland de alta resistência inicial, CPV-ARI:
b) areia natural lavada, com Dmáx = 4,8 mm;
c) pedra britada com Dmáx = 19 mm, de rocha diabásica;
d) pedra de origem residual do garimpo britada com Dmáx = 19 mm

2.2 O Rejeito

Segundo Hartmann (2010), o rejeito gerado a partir da exploração de pedras preciosas é classificado em sua gênesis como um basalto alterado devido a injeção de água pela pressão exercida da atividade vulcânica. Portanto, o rejeito é formado por um só tipo de rocha, basalto, dividida em dois grupos, rocha alterada pela mineralização e rocha inalterada.

Tabela 01 – Análise química dos rejeitos de pedra ametista

Elementos Químicos (%)	**Amostra 01[1]**	**Amostra 02[2]**	**Amostra 03[3]**	**Amostra 04[4]**	**Amostra 05[5]**	**Amostra 06[6]**
Silício (SiO_2)	48,80	47,43	48,61	51,03	48,36	46,76
Alumínio (Al_2O_3)	14,64	13,53	16,02	15,52	12,02	13,90
Ferro (Fe_2O_3)	16,85	16,24	15,06	14,39	18,73	17,81
Cálcio (CaO)	8,48	10,77	9,40	7,73	7,80	9,38
Titânio (TiO_2)	3,64	3,63	3,61	3,58	2,72	3,74
Mágnésio (MgO)	4,28	3,01	3,27	2,44	6,88	2,22
Potássio (K_2O)	2,10	2,63	1,37	2,17	1,12	1,29
Fósforo (P_2O_5)	0,74	0,65	0,84	0,78	0,55	2,26
Manganês (MnO)	0,23	0,20	0,23	0,20	0,28	0,25

Segundo pesquisas realizadas a pedido da COOGAMAI[7] foram analisadas 6 amostras de materiais provindas de diferentes espaços e condições. Os resultados obtidos podem ser visualizados na tabela acima.

Como pode-se analisar através da tabela a composição química dos rejeitos varia de acordo com as condições a que estão sendo ou foram submetidos. Além disso, o fato do rejeito estar mais próximo do geodo aumenta a concentração de silício o que na concepção do concreto possui valor importante quando a reatividade com o cimento, já que seu excesso não é desejado.

Outro detalhe relevante é de que as características tanto químicas quanto físicas variam de acordo com o garimpo onde foi extraída a amostra. Os valores também podem sofrer variação pelo fator tempo, pois a rocha se exposta ao ar livre se degrada com mais facilidade.

[1] Rocha retirada de dentro do garimpo, próximo ao geodo
[2] Rocha retirada de dentro do garimpo
[3] Pedra rachão
[4] Rocha de um monte ao ar livre ± 8 anos
[5] Brita nº 01 com rochas retiradas do garimpo e logo beneficiada
[6] Pó de rocha
[7] Cooperativa dos Garimpeiros do Médio Alto Uruguai

Com o objetivo de caracterizar fisicamente os materiais foram realizados os ensaios descritos na tabela abaixo que apresenta os dados obtidos.

Tabela 02 – Análise física da brita convencional e do rejeito de pedra ametista

Ensaio		**Rejeito**		**Brita**	
Classificação Granulométrica	Peneiras (mm)	Amostra A: 5.00 (Kg)	(%)	Amostra X: 5.00 (Kg)	(%)
	25,0	0	0	0	0
	19,0	0,08	1,6	0	0
	12,5	3,78	75,6	2,69	53,8
	9,75	0,93	18,6	1,34	26,8
	6,3	0,19	3,8	0,95	19
	4,75	0,01	0,2	0,02	0,4
	Fundo	0,01	0,2	0	0
		Total: 5,0	Total: 100	Total: 5,0	Total: 100
Massa Unitária		1,3795 Kg/dm^3		1,53 Kg/dm^3	
Massa Específica		2,66 Kg/dm^3		2,94 Kg/dm^3	
Índice de Absorção		4,72%		0,38%	
Índice de forma		3,33		-	

As características físicas como granulometria, massa específica e massa unitária dos dois tipos de agregado graúdo utilizados são bastante próximas e a influência destas não serão de extrema importância na fabricação do concreto. Entretanto pode-se observar que os rejeitos possuem forma bastante alongada e lamelar. Segundo a bibliografia utilizada o índice de forma deve estar abaixo de 3, e o resultado obtido foi 3,3276, logo o índice está acima do aconselhável.

E neste mesmo viés, enquanto a brita convencional possui um valor de absorção baixo e dentro dos padrões esperados, o rejeito possui uma absorção considerada alta, o que não é desejável na hora da fabricação do concreto, pois esta pode absorver grande parte da água prevista no traço.

2.3 Moldagem do Concreto

Os traços 6 traços de concreto foram fabricados observando as especificações técnicas contidas em norma, sendo verificada a consistência de cada traço através do ensaio de abatimento de tronco de cone seguindo a NBR NM 67/1998.

Considerando os abatimentos médios das três betonadas de concreto feitas para cada traço, o traço RR4 apresenta um abatimento quase 70 % menor que o traço RE4. Tendência que é observada comparando também os traços RR5, RE5, RR6 e RE6, pois os traços que receberam a substituição do agregado graúdo convencional pelo rejeito de rocha apresentaram um abatimento cerca de 40 % menor do que o traço sem a substituição.

2.4 Ensaio de Resistência à Compressão Axial

Os ensaios e resistência à compressão dos corpos de prova foram realizados segundo a NBR 5739/2007, e os resultados são apresentados na Tab. 3.

Tabela 03. Resistência à compressão axial média de cada traço nas diferentes idades

Dias	**f_c (MPa)**					
	RE4	**RR4**	**RE5**	**RR5**	**RE6**	**RR6**
3	35,64	15,94	22,20	32,57	12,45	12,36
7	43,38	24,30	28,50	36,70	19,68	15,85
28	61,56	29,08	41,50	46,52	32,27	26,20
91	66,37	35,89	42,30	54,24	40,20	33,90
182	75,56	41,51	48,76	55,40	44,86	35,10
365	**82,11**	**41,92**	**53,31**	**60,93**	**51,20**	**40,70**
R^2	**0,9858**	**0,9750**	**0,9653**	**0,9917**	**0,9971**	**0,9843**

Observa-se que houve um aumento de resistência que relaciona a relação água/cimento com a resistência à compressão, sendo que as mesmas são inversamente proporcionais.

No mesmo âmbito, os dados obtidos através de tratamentos estatísticos foram agrupados para elaborar o gráfico a seguir que exemplifica a linearidade de aumento de resistência em função do tempo.

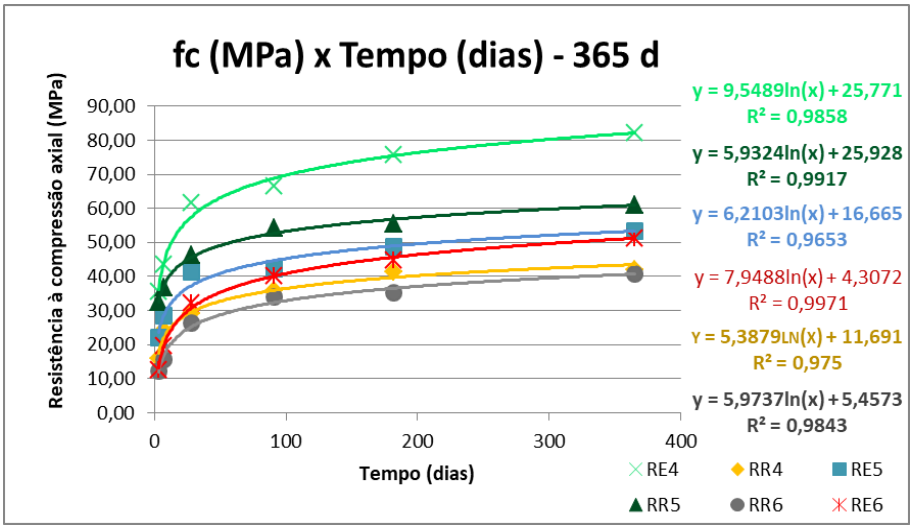


Figura 1. Aumento da resistência à compressão em função do tempo.

Observa-se, através do gráfico, que os 6 diferentes tipos de concreto fabricados tiveram um ganho significativo de resistência conforme ia ocorrendo o processo de cura. Desconstruindo dessa forma a premissa de que o rejeito faria com que houvesse uma inversão o processo, havendo a diminuição de resistência.

Comparando os três traços fabricados e relacionando os concretos utilizando brita e rejeito tem-se valores de resistência à compressão menores para o concreto que recebeu como agregado graúdo o rejeito de rocha nos traços 0,4 e 0,6. Porém, tal afirmação é contrária ao observarem-se os dados do traço 0,5, que apresenta resistências maiores no traço que recebeu a substituição do agregado graúdo convencional pelo rejeito de rocha.

No traço 0,4, houve muita absorção de água pelo rejeito, talvez impedindo a completa hidratação dos grãos de cimento. No traço 0,6, a absorção de água também foi alta e como a relação a/c era maior, houve o excesso de água na mistura.

Neste âmbito, o traço que apresentou os melhores resultados para o concreto produzido com rejeito de rocha foi o 0,5. O mesmo conseguiu explorar as propriedades do rejeito, não houve falta de água para a hidratação dos grãos de cimento e concomitantemente a resistência à compressão foi mais alta que a resistência do concreto produzido com brita convencional.

2.5 Análise do Módulo Estático de Elasticidade

Segundo Carvalho (2015) módulo de elasticidade (ou módulo de deformação) é uma grandeza mecânica que mede a rigidez de um material sólido.

Quando trabalhado na zona elástica, o material é submetido a determinada solicitação, deforma-se, porém quando cessada solicitação a deformação desaparece. Fenômeno que não ocorre quando a solicitação avança a ponto de atingir a zona plástica do material.

A NBR 8522/2008 rege o método de ensaio e suas especificações foram seguidas para a realização dos ensaios de módulo estático de elasticidade ou segundo a mesma, módulo de elasticidade tangente inicial.

Para os ensaios de módulos de elasticidade devem ser ensaiados no mínimo 3 corpos de prova, sendo o mesmo determinado pela média aritmética dos três ensaios, com uma dispersão inferior à 5%.

Na tabela e são apresentados os resultados dos módulos de elasticidade em GPa, obtidos para cada traço nas idades pré determinadas.

Tabela 04 – Módulo estático de elasticidade obtido através de ensaios

Traço / ***Dias***	***RE4***	***RR4***	***RE5***	***RR5***	***RE6***	***RR6***
28	58,7	43,8	20,8	46,7	38,7	44,8
91	44,3	63,1	62,3	46,7	50,1	22,4
182	36,9	17,4	67,1	18,2	16,4	19,4

A NBR 6118:2014 – Projeto de Estruturas de Concreto, no item 8.2.8 descreve que se não forem feitos ensaios ou se não existirem dados mais precisos quanto ao módulo de elasticidade do concreto, deve-se estimar o valor do mesmo, aos 28 dias, através da expressão:

$$E_{ci} = 5600 * f_{ck}^{1/2} \quad (1)$$

Sendo:

E_{ci}: Módulo de deformação tangente inicial
f_{ck}: Resistência característica à compressão do concreto obtida através da expressão $f_{cj} = f_{ck} + 1{,}65\ Sd$. (2)

Considerando-se uma desvio padrão (Sd) de 4 MPa e *fcj* para as idades dos ensaios de 28, 91 e 182 dias, pôde-se estimar os valores previstos de módulo de elasticidade para cada traço.

Tabela 05 – Módulo estático de elasticidade segundo metodologia da NBR 6118:2014

Traço / ***Dias***	***RE4***	***RR4***	***RE5***	***RR5***	***RE6***	***RR6***
28	41,52	26,15	33,79	35,53	23,91	25,88
91	43,35	30,17	35,35	39,04	31,00	29,58
182	46,50	33,09	36,36	39,12	33,45	28,50

Analisando os resultados obtidos nas tabelas 05 e 06, observa-se que os valores de módulo de elasticidade do concreto obtido através do ensaio previsto pela NBR 8522 são em média cerca de 40% maiores do que os valores obtidos através da metodologia proposta pela NBR 6118. Isto reflete que há uma tendência de a confiabilidade do ensaio ser bastante grande e enfatiza a consistência dos resultados obtidos através dos ensaios.

Outra análise que pode ser feita estatisticamente é que os traços de referência, RE4, RE5 e RE6, apresentam em média valores de módulo de elasticidade 50% maiores que os valores obtidos para os traços que receberam o rejeito de rocha em substituição ao agregado graúdo.

2.6 Viabilidade econômica

Analisando os dados de resistência a compressão axial dos concretos produzidos com o rejeito de rocha e associando os mesmos com os estudos realizados por Giacomini (2016) e Tiburski (2016) é possível traçar uma correlação entre os dados obtidos, apresentando parâmetros de viabilidade econômica da utilização dos resíduos da exploração de pedras preciosas para a produção de concreto, argamassas e artefatos de concreto.

Evidencia-se que os rejeitos apresentam características técnicas, como módulo de elasticidade e resistência a compressão, que nos indicam um ótimo comportamento perante solicitações. Portanto, pode-se considerar que há uma tendência de os mesmos possuírem ótimo desempenho em questão de durabilidade e desempenho ao longo de sua vida útil.

Tecnicamente, dependendo da granulometria utilizada, pode-se efetuar diversas substituições com os rejeitos de rocha com o objetivo de produzir materiais utilizados na construção civil. Suas características físicas e químicas podem ser entendidas, se empregadas de maneira correta, como algo que venha a potencializar as propriedades dos mesmos.

Tabela 06 – Custo de concretos com f_{ck} de 30 MPa

Traço	**Relação a/c**	**Consumo de Cimento Kg/m³**	**Preço de Concreto/m³**	**Δ_c (%)**
R1	0,53	412,23	385,38	-
A1	0,50	411,89	380,68	-1,22
A2	0,58	404,65	366,67	-4,85
A3	0,42	426,76	382,17	-0,83
A5	0,49	416,75	382,60	-0,72

Observa-se que se comparados ao traço referencia que utilizou brita convencional para a fabricação do concreto, todos os concretos que receberam a substituição pelo rejeito de rocha apresentaram economia no custo final do mateiral.

Além disso, o consumo de cimento nos concretos feitos com o rejeito de rocha é menor se comparado ao traço de referência.

Outro fator relevante, é que os traços que possuem maior desempenho são os que possuem relação a/c entre 0,5 e 0,6. Isso comprova o que já era observado nos ensaios de resistência a compressão e módulo estático de elasticidade.

Quanto a artefatos produzidos com o rejeito de rocha, Giacomini (2016) nos traz pela tabela 09 a comparação dos custos dos artefatos produzidos com agregado miúdo convencional.

Tabela 07 – Comparação entre protótipos e produtos comerciais

Traço	***Tipo***	***Protótipos pesquisa***		***Empresa A***		***Empresa B***	
		R$/unid	***R$/mil.***	***R$/unid***	***R$/mil.***	***R$/unid***	***R$/mil.***
R100	Piso Intertrav.	0,34	349,29	0,92	920,00	0,574	574,00
	Bloco vazado	2,10	2107,13	3,00	3.000,00	2,16	2160,00
R50	Piso Intertrav.	0,29	295,46	-	-	-	-
	Bloco vazado	1,78	1782,39	-	-	-	-

Da mesma forma que foi analisado a viabilidade da produção de concretos utilizando-se o rejeito de rocha, os artefatos de concreto e argamassa produzidos por Giacomini (2016) nos mostram que todos os produtos são economicamente mais viáveis que os produtos convencionais disponíveis no mercado.

O consumo de cimento é fator mais relevante que faz com que haja uma diminuição no custo final dos produtos. Explorando as propriedades dos rejeitos é possível reduzir a quantidade de cimento, influenciando diretamente no âmbito econômico.

3. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios – NBR NM 45/2006, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

_____: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água – NBR NM 53/2009, Rio de Janeiro, RJ, 2009.

_____: Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – NBR 7809/2006: Método de ensaio, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

_____: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – NBR NM 67/1998, Rio de Janeiro, RJ, 1998.

_____: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova - NBR 5738/2015, Rio De Janeiro, RJ, 2015.

_____: Determinação da granulometria dos agregados - NBR 7217/87, Rio De Janeiro, RJ, 1987.

_____: Agregado para concreto – NBR 7211/2009, Rio de Janeiro, RJ, 2009.

_____: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto - NBR 5739/2007: Método de Ensaio, Rio De Janeiro. RJ, 2007.

_____: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento – NBR 6118/2014, Rio de Janeiro, RJ, 2014.

_____: Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão - NBR 5739/2007: Método de Ensaio, Rio De Janeiro. RJ, 2007.

HARTMANN, L. A. *Geodos com Ametistas Formados por Água Quente no Tempo dos Dinossauros*. Porto Alegre: Gráfica UFRGS, 2010.

ISAIA, G. C. (org) *Concreto: Ciência e Tecnologia*. 1.ed. São Paulo: Editora IBRACON, 2011. 2v.

4. RESPONSIBILIDADE

Os autores se responsabilizam pelas informações impressas nesse documento.

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Engenharia de Alimentos

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DESENVOLVIMENTO DE NANOIMUNOSSENSOR DE CANTILEVER PARA DETECÇÃO DE β-ESTRADIOL EM ÁGUA

Alana Marie de Cezaro[1]
Aline Andressa Rigo[1]
Janine Martinazzo[1]
Daniela Kunkel Muenchen[1]
Alexandra Nava Brezolin[1]
Alexandra Manzoli[1]
Clarice Steffens[1]
Juliana Steffens[1]
[1] Universidade Regional Integrada - Campus de Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99700-000, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
alana.cezaro@gmail.com

Daniel Souza Corrêa[2]
[2] Embrapa Instrumentação, Rua XV de novembro, nº 1.452, Centro, Caixa Postal 741, CEP: 13560-970, São Carlos, São Paulo, Brasil.

Resumo. *O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um nanoimunossensor de cantilever para a detecção de β-estradiol em água. A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste dispositivo comtempla a funcionalização do cantilever através da técnica de camadas automontadas (SAM) e com agentes de reticulação EDC/NHS. Neste estudo, o sensor desenvolvido foi testado em uma faixa de concentração de β-estradiol, diluído em água ultrapura, e através desta, a curva de calibração foi construída. Foi possível verificar o limite de detecção e a sensibilidade do mesmo, apresentando valores baixos e inferiores aos encontrados na literatura, demonstrando a grande capacidade desde dispositivo para ser utilizado em águas.*

Palavras-chave: *nanoimunossensor, cantilever, β-estradiol, AFM.*

1. INTRODUÇÃO

A água é reconhecida como um dos bens naturais mais importantes do planeta. Seus múltiplos usos são indispensáveis a um amplo espectro de atividades humanas. Porém, em função da crescente degradação dos corpos d'água, as preocupações com o uso e destino têm mobilizado diversas pesquisas científicas com o intuito de preservar este recurso natural (Moreira, *et al*., 2009). Uma das grandes preocupações dos pesquisadores, relacionados à saúde pública e ambiental, diz respeito aos desreguladores endócrinos.

Desreguladores endócrinos são definidos como substâncias químicas que podem interferir no funcionamento natural do sistema endócrino de espécies animais, incluindo os seres humanos (Ghiselli; Jardim, 2007; Schiavini, *et al*., 2011). De acordo com Castro (2002), estes compostos possuem a capacidade de perturbar o sistema endócrino simulando a ação de hormônios naturais, inibindo-os ou alterando as funções regulares normais dos sistemas imunológico, nervoso e endócrino, causando efeitos adversos nos organismos ou em seus descendentes (Reis Filho, *et al*., 2006; Ferreira, 2012).

A análise de desreguladores endócrinos presentes na água surgiu devido ao aumento na relação entre a detecção de anomalias na saúde humana e a presença destes micro poluentes ambientais. Os principais desreguladores relatados na literatura são substâncias naturais e sintéticas, dentre os quais podem ser citados: pesticidas, compostos industriais, metais pesados, hormônios sintéticos e os hormônios naturais estrona e β-estradiol (Pessoa, *et al*., 2012).

A detecção de hormônios tem sido realizada, principalmente, por meio de métodos espectrofotométricos e cromatográficos. Contudo, estes métodos não permitem o monitoramento contínuo *in situ*, pois os equipamentos são complexos, dificultando a realização de análises em campo (Oliveira, *et al*., 2015). Novas tecnologias para a detecção de hormônio em baixas concentrações vêm sendo estudadas, utilizando a nanotecnologia associada a materiais biológicos.

Os nanoimunossensores são exemplos de alguns dos dispositivos que vem sendo desenvolvidos com a ajuda da nanotecnologia e que vem apresentando algumas vantagens em sua utilização, como tamanho pequeno, baixo peso, alto desempenho e baixo custo. Nanoimunossensores baseados em cantilevers, empregados na microscopia de força atômica

(AFM) vêm apresentando resultados promissores. Quando o uso de cantilevers quimicamente modificados é combinado com métodos de detecção específicos, obtém-se um dispositivo sensível em concentrações baixas (micro e nano escala) utilizado em uma gama variada de substâncias. Para que isso ocorra, é necessário que eles sejam funcionalizados, ou seja, recobertos com uma camada sensitiva, que deve ser específica e capaz de reconhecer as moléculas de interesse (Bueno, 2013).

Uma das alternativas para a etapa de funcionalização é a imobilização de biomoléculas, como enzimas ou anticorpos, em superfícies garantindo a retenção de suas propriedades de reconhecimento (Cosnier, 2000). Dentre as alternativas empregadas para imobilizar biomoléculas em sensores de cantilever destaca-se a técnica de camadas automontadas (SAM), que permite a obtenção de uma estrutura multicamadas de maneira eficiente e com baixo custo experimental. O processo de imobilização se dá num ambiente favorável às biomoléculas, em solução aquosa, com pH e força iônica controlados, evitando assim a desnaturação e a perda de atividade (Santos, 2012).

Desta forma, este trabalho tem como objetivo desenvolver nanoimunossensor de cantilever funcionalizado com anticorpo anti-estradiol para a detecção dos hormônios β-estradiol em águas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O cantilever (ContGD-G) usado para o desenvolvimento do nanoimunossensor foi adquirido comercialmente (BudgetSensors) com as seguintes especificações do fabricante: material de silício revestido com 70 nm de ouro em um lado da superfície, frequência de ressonância de 13,0 (±4) kHz e constante de mola de 0,2 (0,07-0,4) N/m, apresentando as seguintes características geométricas: 450 μm de comprimento (± 10 μm), 50 μm de largura (± 5 μm) e 2 μm de espessura (± 1 μm).

A funcionalização do cantilever foi realizada por meio da deposição da camada sensora no lado superior, onde se encontra depositado o ouro. Para isso, a técnica de SAM foi escolhida, empregando agentes reticuladores N-(3-dimetilaminopropil) -N'-etilcarbodiimida (EDC) e N-hidroxisuccinimida (NHS) para ligação covalente com moléculas de alcanotióis. O procedimento de funcionalização do cantilever foi baseado no trabalho de Velanki e Ji (2006) com modificações, constituindo das seguintes etapas:

- Etapa 1: O cantilever foi transferido para uma placa de petri, onde foi imerso em álcool isopropílico por 2 min, para lavagem e remoção de interferentes da superfície. Depois, seco em temperatura de 20 °C, por cerca de 15 min.
- Etapa 2: Imersão do cantilever em uma solução de ácido 16-mercaptohexadecanóico (16-MHD) 2 mM, em meio etanólico, overnight (16h). Após, foi realizada a lavagem do cantilever com água ultrapura (2 min) e secagem em temperatura ambiente por 15 min.
- Etapa 3: O cantilever foi imerso em uma mistura de EDC 1 mM/NHS 1 mM 4:1 (v/v) durante 10 min. A seguir, foi realizada a lavagem com água ultrapura (2 min) e secagem em temperatura ambiente por 15 min.
- Etapa 4: Imobilização do anticorpo, através da imersão do cantilever em uma solução de anticorpo e tampão Tris-glicina na proporção de 1:10 durante 10 min. Após isso, foi feita a lavagem com solução tampão Tris-glicina 50 mM pH 7,4 (2 min) e secagem em temperatura ambiente por 15 min.

A resposta do nanoimunossensor, obtida por meio da funcionalização do cantilever com anticorpo (anti-estradiol) para detecção do hormônio β-estradiol foi avaliada no modo estático, em meio líquido, por meio da realização de uma imagem no AFM (Nanosurf - C3000 Controller) em modo contato, utilizando o método de feixe óptico, onde o laser refletido da superfície do cantilever atinge uma posição sensível do fotodetector, sendo que a distância percorrida é proporcional à deflexão da haste. A análise foi realizada em temperatura constante de 25°C (± 0,3) através de um sistema de resfriamento no AFM. O sistema de resfriamento do AFM foi montado tendo por base uma pastilha Peltier com dimensões de 50x53 mm, e para minimização de ruídos e interferências nas respostas, usou-se uma caixa de fibra de média densidade (MDF) sobre a parte do equipamento onde ficava o cantilever em contato com a amostra.

O cantilever foi inserido junto ao *scanner* do equipamento, onde o laser foi posicionado na extremidade final da haste do cantilever e na posição central do fotodetector, verificando sua intensidade, que ficou em torno de 70%, sendo ambos calibrados apenas na primeira medida (água ultrapura). A resposta era monitorada por meio da criação de uma imagem, realizada nos seguintes parâmetros: área de 0 μm_2 (o cantilever não realiza uma varredura nos eixos x e y dentro da gota de líquido), resolução de 1800x1800 pontos (a imagem era formada por 1800 linhas, representando os pontos de resposta) e o tempo de 1 s/linha para a obtenção da resposta. Nestes parâmetros, a duração de cada análise era de 60 min. Transcorrido este tempo, a gota de líquido era retirada e injetava-se outra gota com concentração diferente de hormônio.

As imagens obtidas foram convertidas em um gráfico de voltagem, em Volts (V) x tempo de contato (min), por meio do software Gwyddion (Versão 2.45) e exportado para o software Excel (Versão 2010), onde foram tratados, sendo os mesmos tomados em triplicata. A voltagem lida foi proveniente do sinal do fotodetector do equipamento.

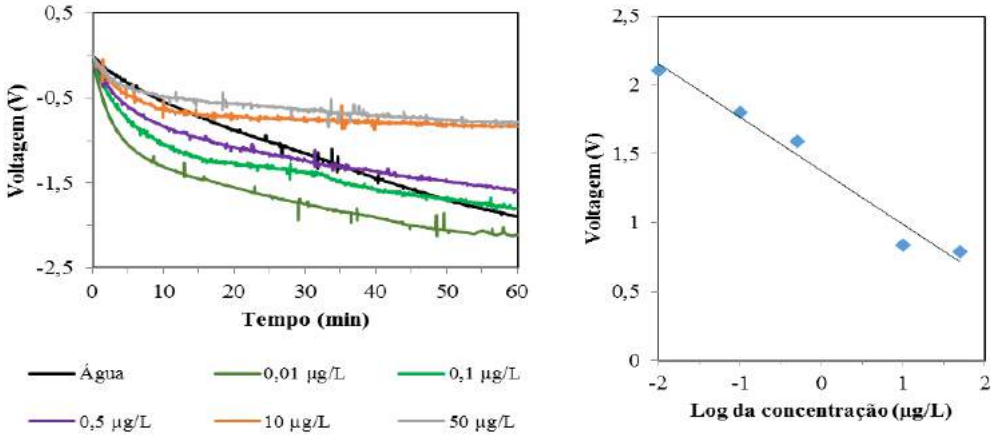
Para avaliar a resposta do nanoimunossensor na detecção dos hormônios, e baseado na Resolução Conama 357/2005, foi testada uma faixa de concentração do hormônio β-estradiol em água que contemplava o limite máximo permitido (3 μg/L) (Conama, 2005). Dessa forma, foi preparada uma solução mãe na concentração de 10 mg/L, para o β-estradiol, e a partir desta, as soluções de trabalho 0,01; 0,1; 0,5; 1; 10 e 50 μg/L.

O nanoimunossensor tive suas voltagens monitoradas e registradas, gerando uma curva de calibração da concentração logarítmica do β-estradiol *versus* voltagem do nanoimunossensor. Posteriormente foram caracterizados quanto a sensibilidade e limite de detecção. A sensibilidade demonstra a variação da resposta em função da concentração do analito e é expressa pelo coeficiente angular da curva analítica (Paschoal, *et al*., 2008). O limite de detecção (LD) foi calculado segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) (2003) e Skoog (2005). Pode ser entendido como a menor concentração que pode ser distinguida com certo nível de confiança, de acordo com a Eq. 1., onde Sb é o desvio padrão do branco, m é sensibilidade da calibração, K=3, correspondendo ao nível de confiança de 98%.

$$LOD = \frac{KS_b}{m} \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a curva de calibração e a resposta de detecção do nanoimunossensor de cantilever funcionalizado com o anticorpo anti-estradiol na presença do hormônio β-estradiol e água ultrapura em função do tempo.



(a) (b)

Figura 1 - (a) Resposta de detecção do nanoimunossensor funcionalizado com anti-estradiol em função do tempo com a injeção de diferentes concentrações β-estradiol. (b) Curva de calibração da concentração logarítmica do β-estradiol *versus* voltagem do cantilever

É possível verificar que a voltagem (V) é diferente para cada concentração de hormônio (0,01; 0,1; 0,5; 10 e 50 µg/L). As medidas de voltagem foram realizadas durante 60 min. Pode-se observar que as concentrações são diretamente proporcionais à deflexão, ou seja, quanto maior a concentração maior a voltagem, e a diferença de voltagem entre a maior e a menor concentração dos hormônios ficou em torno de 2,0 V.

A resposta do nanoimunossensor, observada pelo sinal de voltagem, ao longo do tempo foi decorrente das mudanças de tensão de superfície provocadas pela adsorção do analito (hormônio) na camada sensora (anticorpo), causando a deflexão do cantilever, pois o cantilever estava funcionalizado somente de um lado da superfície. Segundo Karnati *et al*. (2007), na adsorção de analitos no lado da superfície recoberta com ouro ocorre uma curvatura para baixo, a qual é causada por uma tensão de compressão, resultante de uma repulsão ou expansão de moléculas. Para Xue *et al*. (2011) essa diferença de tensão de compressão com as diferentes concentrações de hormônios é decorrente da interação e da resposta de ligação dos anticorpos imobilizados no cantilever.

O nanoimunossensor apresentou uma voltagem diferente entre as concentrações de hormônio e água ultrapura, meio em que o analito foi diluído, indicando que o mesmo consegue detectar a presença de hormônio em água. Verifica-se também que o nanoimunossensor consegue detectar satisfatoriamente a menor concentração estudada (0,01 µg/L). Levando em consideração os limites máximos permitidos para compostos fenólicos (hormônios) em água potável, segundo a Resolução Conama 357/2005, observa-se que o nanoimunossensor consegue detectar a presença de hormônio de acordo com o limite definido pela legislação (Conama, 2005).

O nanoimunossensor de cantilever desenvolvido apresentou um ajuste satisfatório dos dados para a linha de regressão, com um coeficiente de correlação (R^2) de 0,971. A sensibilidade deste sensor ficou em 0,389 V/ppb, enquanto que o limite de detecção ficou em 0,273 µg/L. Os valores encontrados para o limite de detecção são baixos e inferiores aos relatados em estudos na literatura, para metodologias já consagradas. Como exemplo, Moraes *et al*.

(2015) desenvolveram um sensor eletroquímico com grafeno para a detecção de β-estradiol em águas de rios, e obtiveram um limite de detecção de 1,4 μg/L de β-estradiol.

Vale salientar que quanto maiores os valores de sensibilidade, mais sensíveis são os sensores e melhores são suas respostas. Quanto ao limite de detecção (LD), quanto menores os seus valores, menores as concentrações mínimas que o sensor consegue detectar. Então, sensores com maiores valores de sensibilidade e menores valores de LD são mais adequados para detecção de analitos (Anvisa, 2003; Skoog, *et al*., 2005; Iupac, 2014). Neste sentido o nanoimunossensor desenvolvido neste estudo apresenta grande potencialidade de detecção dos hormônios em águas.

4. CONCLUSÃO

O dispositivo proposto neste estudo demonstrou que é possível a construção de nanoimunossensor por meio da técnica de SAM, utilizando o ácido 16-MHD e os agentes de reticulação EDC/NHS. O anticorpo anti-estradiol foi imobilizado com sucesso sobre o cantilever oferecendo características analíticas favoráveis, incluindo baixo limite de detecção (LD), na gama de ppb, e boa sensibilidade.

Desta forma é possível afirmar que a técnica de empregada para a construção do nanoimunossensor é uma técnica inovadora, com grandes possibilidades de aplicação para a detecção de hormônio no meio ambiente, contribuindo, de alguma forma, com o bem-estar e a saúde da população.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes, CNPq, CNPq (Processo: 455494/2014-2), Finep e Fapergs pelo auxílio financeiro, e URI – Erechim.

6. REFERÊNCIAS

Anvisa, 2003. "Resolução n° 899, de 29 de maio de 2003".

Bueno, C. C., 2013. *Desenvolvimento de um nanobiossensor para o monitoramento da qualidade ambiental no setor agrícola*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba/SP.

Castro, C. M. B., 2002. "Perturbadores endócrinos ambientais: uma questão a ser discutida". *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Vol.7 (1, 2), p. 5.

Conama, 2005. "Resolução n° 357, de 17 de março de 2005". *Publicada no DOU nº 053*, p. 63.

Cosnier, S., 2000. "Biosensors based on immobilization of biomolecules by electrogenerated polymer films". *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Vol. 89 (2), p. 138.

Ferreira, A. P., 2012. "Ocorrência e detecção de desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: complicações ao meio ambiente". *Revista Brasileira de Farmácia*, Vol. 93 (2), p. 264.

Ghiselli, G.; Jardim, W. F., 2007. "Interferentes endócrinos no ambiente". *Química Nova*, Vol. 30 (3), p. 706.

Iupac, 2014. *Compendium of Chemical Terminology Gold Book*.

Karnati, C.; Du, H.; Ji, H. F.; Xu, X.; Lvov, Y.; Mulchandani, P.; Chen, W., 2007. "Organophosphorus hydrolase multilayer modified microcantilevers for organophosphorus detection". *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 22, p. 2642.

Moraes, F. C.; Rossi, B.; DonatonI, M. C.; Oliveira, K. T.; Pereira, E. C., 2015. "Sensitive determination of 17β-estradiol in river water using a graphene based electrochemical sensor". *Analytica Chimica Acta*, Vol. 881, p. 43.

Moreira, D. S.; Aquino, S. F.; Afonso, R. J. C. F. Santos, E. P. P. C.; Pádua, V. L., 2009. "Occurrence of endocrine disrupting compounds in water sources of Belo Horizonte Metropolitan Area, Brazil". *Environmental Technology*, Vol. 30 (10), p. 1049.

Oliveira, D. P. C.; Ribeiro, F. W. P.; Becker, H.; Lima-neto, P.; Correia, A. N., 2015. "Biossensor eletroquímico baseado na enzima tirosinase para a determinação de fenol em efluentes". *Química Nova*, Vol. 38 (7), p. 931.

Paschoal, J. A. R.; Rath, S.; Airoldi, F. P. S.; Reyes, F. G. R., 2008. "Validação de métodos cromatográficos para a determinação de resíduos de medicamentos veterinários em alimentos". *Química Nova*, Vol. 31 (5), p. 1198.

Pessoa, G. P.; Santos, A. B.; Souza, N. C.; Alves, J. A. C., 2012. "Desenvolvimento de metodologia para avaliar remoção de estrogênios em estações de tratamento de esgotos". *Química Nova*, Vol. 35 (5), p. 973.

Reis Filho, R. W., 2006. "Hormônios sexuais estrógenos: contaminantes bioativos". *Química Nova*, Vol. 29 (4), p. 822.

SANTOS, J. C. C., 2012. *Imobilização da enzima glicose oxidase em filmes nanoestruturados para aplicação em biossensores.* Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP.

Schiavini, J. A.; Cardoso, C. E.; Rodrigues, W. C., 2011. "Desreguladores Endócrinos no Meio Ambiente e o Uso de Potenciais Bioindicadores". *Revista Eletrônica TECCEN*, Vol. 4 (3), p. 48.

Skoog, D. A., 2005. *Fundamentos de química analítica*. 8º edição, São Paulo: Cengage Learning.

Velanki, S.; Ji, H.-F., 2006. "Detection of feline coronavirus using microcantilever sensors". *Measurement Science and Technology*, Vol. 17, p. 2968.

Xue, C.; Zhao, H.; Liu, H.; Chen, Y.; Wang, B.; Zhang, Q.; Wu, X., 2011. "Development of sulfhydrylated antibody functionalized microcantilever immunosensor for taxol". *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 156, p. 866.

7. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DETECÇÃO DE CHUMBO EM ÁGUA COM NANOBIOSSENSOR DE CANTILEVER

Aline Andressa Rigo[1]
Alana Marie De Cezaro[1]
Juliana Steffens[1]
Clarice Steffens[1]
Janine Martinazzo[1]
Alexandra Nava Brezolin[1]
Daniela Kunkel Muenchen[1]
[1] Universidade Regional Integrada - Campus de Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99700-000, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
aline.andressa@hotmail.com

Lucélia Hoehne[2]
[2] Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia – UNIVATES, Rua Avelino Tallini 171, 95900-000, Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil.

Resumo. *Um dos campos mais proeminentes da área ambiental é o estudo de micropoluentes presentes em ambientes aquáticos. Dentre estes, os metais pesados são os contaminantes mais tóxicos e persistentes deste ecossistema. Uma alternativa para detecção de metais pesados, como o chumbo, em ambientes aquáticos, são os nanobiossensores baseados em hastes ultra-sensíveis, chamadas cantileveres, que originam-se da Microscopia de Força Atômica, que estão apresentando resultados promissores. Dessa forma esse estudo teve como objetivo o desenvolvimento de nanobiossensor de cantilever funcionalizado com a enzima comercial fosfatase alcalina, para detecção de chumbo em água. Para realização desse trabalho foi realizado a funcionalização de um cantilever de sílicio, por meio da deposição da camada sensora no lado superior, onde se encontra depositado o ouro. Para isso, a técnica de SAM foi escolhida, empregando agentes reticuladores para ligação covalente com moléculas de alcanotióis. A resposta de detecção do nanobiossensor de cantilever funcionalizado com enzima fosfatase alcalina na presença do $PbCl_2$ II foi satifatória, sendo possível verificar que houve diferença na voltagem (V) do cantilever em relação às diferentes concentrações do metal. Dessa forma pode-se concluir que metodologia desenvolvida é promissora na detecção de metais pesados em água,mostrando grandes possibilidades de inovação e difusão tecnológica*.

Palavras-chave: *funcionalização, fosfatase alcalina, chumbo, água.*

1. INTRODUÇÃO

O padrão de qualidade de vida de uma população está diretamente relacionado à qualidade de sua água, sendo esta, o recurso natural mais crítico e mais susceptível a impor limites ao desenvolvimento, em muitas partes do mundo (Magalhães, 2004). Dessa forma a importância da preservação dos recursos hídricos tem levado à necessidade de monitorar e controlar a contaminação destes ambientes. Níveis elevados de metais pesados, por exemplo, o chumbo, podem provocar mudanças de comportamento e comprometimento da inteligência nos seres humanos (Berezhetskyy, *et al*., 2008).

Uma alternativa para detecção de metais pesados, como o chumbo, em ambientes aquáticos, são os nanobiossensores baseados em hastes ultra-sensíveis, chamadas cantileveres, que originam-se da Microscopia de Força Atômica (AFM), que estão apresentando resultados promissores na detecção de substâncias químicas, físicas, toxinas, poluentes e analitos em geral na micro e nanoescala, além de fornecerem recursos sensíveis para medir e mapear a informação química da superfície e quantificar as forças repulsivas e adesivas associadas a materiais inorgânicos e amostras biológicas, por meio de interações químicas entre o cantilever e a amostra (Smith, *et al*., 2003; Leite e Herrmann, 2005; Steffens, *et al*., 2012; Muenchen, *et al*., 2016).

Entretanto, para atuar como excelentes nanobiossensores, os cantileveres necessitam ser recobertos com uma camada sensitiva (funcionalizados), a qual deve ser específica e capaz de reconhecer moléculas de interesse. A adsorção dessas moléculas no cantilever causa uma tensão na superfície, resultando na curvatura do cantilever (deflexão)

(Vladkova, *et al*., 2009; Sharma, *et al*., 2010). A funcionalização consiste em ligar quimicamente à superfície do cantilever a uma camada de moléculas, cujos grupos funcionais reajam com o material biológico, de forma a imobilizá-lo na superfície. Dentre as técnicas que podem ser utilizadas para a funcionalização, encontra-se a de monocamadas automontadas (SAM), caracterizada pela formação espontânea de camadas ordenadas e organizadas sobre uma superfície sólida, por meio de interação entre grupos químicos (Awasthi, *et al*., 2016).

Para a detecção dos metais pesados várias enzimas têm sido estudadas, dentre elas a fosfatase alcalina, por apresentar grande potencial de aplicação como camada sensora, em razão de que sua atividade é inibida na presença desses metais e também já ter sido utilizada como elemento de reconhecimento biológico em biossensores, apresentando como vantagem a detecção de baixas concentrações do analito, alta sensibilidade, especificidade e respostas rápidas (Ayenimo e Adeloju, 2015).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de nanobiossensor de cantilever funcionalizado com a enzima comercial fosfatase alcalina, para detecção de chumbo em água.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O cantilever (ContGD-G) usado para o desenvolvimento do nanobiossensor foram adquiridos comercialmente (BudgetSensors), com as seguintes especificações do fabricante: material de silício revestido com 70 nm de ouro em um lado da superfície, frequência de ressonância de 13,0 (±4) kHz e constante de mola de 0,2 (0,07-0,4) N/m, apresentando as seguintes características geométricas: 450 μm de comprimento (± 10 μm), 50 μm de largura (± 5 μm) e 2 μm de espessura (± 1 μm).

A funcionalização do cantilever foi realizada por meio da deposição da camada sensora no lado superior, onde se encontra depositado o ouro. Para isso, a técnica de SAM foi escolhida, empregando agentes reticuladores (1-etil–3-(3-dimetilaminopropil)-carbodiimida (EDC)/ N-hidroxi-succinimida (NHS)) para ligação covalente com moléculas de alcanotióis. O procedimento de funcionalização do cantilever foi baseado no trabalho de Velanki e Ji (2006), com modificações, consistindo das seguintes etapas:

- Etapa 1: Limpeza do cantilever, onde o mesmo foi imerso em álcool isopropílico, durante 2 min, para lavagem, assim removendo interferentes da superfície, e então seco, a temperatura de 20 °C, por cerca de 15 min.
- Etapa 2: Imersão do cantilever em uma solução de ácido 16-mercaptohexadecanóico (16-MHD) 2 mM em meio etanólico, por *overnight* (16 h). Após, foi realizada a lavagem do cantilever com água ultra pura (2 min) e secagem em temperatura ambiente por 15 min.
- Etapa 3: Imersão do cantilever em uma mistura de EDC 1 mM/NHS 1 mM 4:1 (v/v) durante 10 min. A seguir, foi realizada a lavagem com água ultra pura (2 min) e secagem em temperatura ambiente por 15 min.
- Etapa 4: Imersão do cantilever na enzima comercial fosfatase alcalina (10 U/mg) diluída em tampão fosfato de sódio 0,1 M pH 7,0 na concentração de 5 mg/mL durante 10 min. Posteriormente, foi realizada a lavagem do cantilever com solução tampão fosfato de sódio 0,1 M pH 7,0 (2 min) e secagem em temperatura ambiente por 15 min.

A resposta do nanobiossensor, obtido por meio da funcionalização do cantilever com a enzima comercial fosfatase alcalina, para detectar o metal pesado cloreto de chumbo ($PbCl_2$ II), foi avaliada no modo estático, em meio líquido, por meio da realização de uma imagem em AFM Nanosurf (C3000 Controller), em modo contato, utilizando o método de feixe óptico, onde o laser refletido da superfície do cantilever atinge uma posição sensível do fotodetector, sendo que a distância percorrida é proporcional à deflexão da haste (Herrmann, *et al*., 1997).

A análise foi realizada em temperatura constante de 25 °C ± 0,3 através de um sistema de resfriamento no AFM. O sistema de resfriamento foi montado tendo por base uma pastilha Peltier com dimensões de 50 x 53 mm e para minimização de ruídos e interferências nas respostas, usou-se uma caixa de fibra de média densidade (MDF) (comprimento = 40 cm, altura = 32 cm, largura = 40 cm e espessura = 10 mm) sobre a parte do equipamento que ficava o cantilever em contato com a amostra.

O cantilever, acoplado a um suporte denominado de canticlip, foi inserido junto ao *scanner* do equipamento, onde o laser foi posicionado na extremidade final da haste do cantilever e na posição central do fotodetector, verificando sua intensidade, que ficou em torno de 70%, sendo ambos calibrados apenas na primeira medida (água ultra pura). Então, a resposta era monitorada por meio da criação de uma imagem, realizada nos seguintes parâmetros: área de 0 μm^2 (o cantilever não realizava uma varredura nos eixos x e y dentro da gota de líquido), resolução de 1800 x 1800 pontos (a imagem era formada por 1800 linhas, representando os pontos de resposta) e tempo de 1 s/linha para obtenção da resposta. Nestes parâmetros, a duração de cada análise era de 60 min. Transcorrido este tempo, a gota de líquido era retirada e injetava-se outra gota com concentração diferente de metal pesado.

As imagens obtidas foram convertidas em um gráfico de Voltagem (V) x Tempo de contato (min), por meio do *software* Gwyddion (Versão 2.45), sendo os dados exportados para o *software* Excel (Versão 2010) para obtenção dos resultados, sendo os mesmos tomados em triplicata. A voltagem lida foi proveniente do sinal do fotodetector do equipamento.

Para avaliar a resposta do nanobiossensor na detecção do $PbCl_2$ II, baseando-se na legislação vigente para água de rios e potável, foi testada uma faixa de concentração o qual foi diluído em água ultra pura, que contemplava o limite

máximo permitido para o metal estudado (0,01 – 0,033 mg/L) (Ministério da saúde, 2004; Conama, 2005; Ministério da saúde, 2011).

Desta forma, foi preparada uma "solução mãe" na concentração de 10 mg/L, para o metal $PbCl_2$ II, e a partir desta, as soluções de trabalho 0,01; 0,1; 1; 10; 50 µg/L.

O nanobiossensor teve suas voltagens monitoradas e registradas, gerando um curva de calibração da Concentração logarítmica do $PbCl_2$ II *versus* Voltagem do nanobiossensor, para que posteriormente pudessem serem caracterizados quanto, a sensibilidade e o limite de detecção.

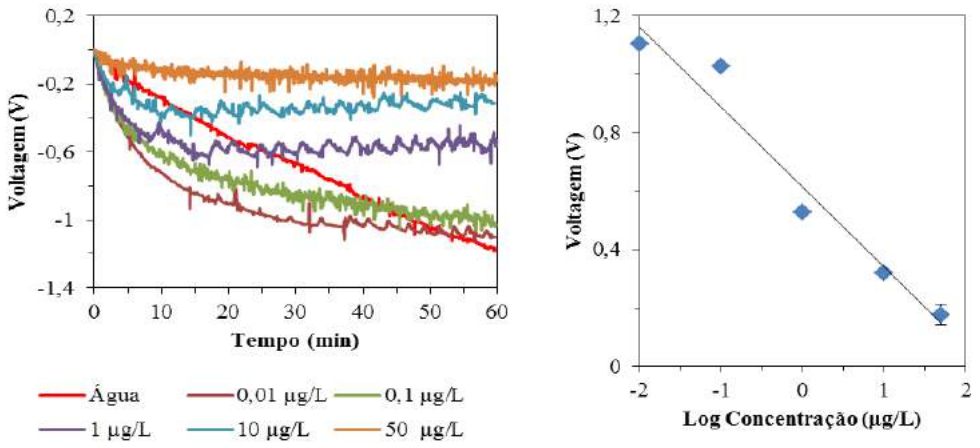
A sensibilidade demonstra a variação da resposta em função da concentração do analito e é expressa pelo coeficiente angular da curva analítica (Paschoal, *et al*., 2008).

O limite de detecção (LD) foi calculado segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), (2003) e Skoog *et al*. (2005), ele pode ser entendido como a menor concentração que pode ser distinguida com um certo nível de confiança, de acordo com a Eq. 1, onde Sb é o desvio padrão do branco, m é sensibilidade da calibração, k: 3, correspondendo ao nível de confiança de 98 %.

$$LD = \frac{KS_b}{m} \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura1apresenta a resposta de detecção e a curva de calibração do nanobiossensor de cantilever funcionalizado com enzima fosfatase alcalina (10 U/mg) na presença do $PbCl_2$ II e água ultra pura em função do tempo. Sendo que a curva de calibração foi construída com as concentrações em escala logarítmica, o qual permitem uma melhor visualização da faixa linear. Com isso é possível verificar que houve diferença na voltagem (V) do cantilever em relação às diferentes concentrações do metal (0,01; 0,1; 1, 10 e 50 µg/L).



(a) (b)

Figura 1. (a) Resposta do nanobiossensor funcionalizado com a enzima fosfatase alcalina em função do tempo com diferentes concentrações de $PbCl_2$ II em água. (b) Curva de calibração da concentração logarítmica do $PbCl_2$ II *versus* Voltagem

Observa-se que as concentrações são diretamente proporcionais à voltagem (V), ou seja, quanto maior a concentração maior a voltagem. Zhao *et al*. (2010), em seu estudo, utilizando a medida de deflexão como resposta a interação do analito com a camada sensora, observaram que houve um aumento da deflexão do cantilever com o aumento da concentração, empregando um imunossensor de cantilever para detecção de íons de cobre em água de torneira, revelando assim, um comportamento similar ao encontrado neste trabalho.

O nanobiossensor apresentou uma voltagem diferente entre as concentrações do metal pesado e a água ultra pura, meio em que o analito foi diluído, indicando que o mesmo consegue detectar a presença do metal pesado no meio. Verifica-se também que o nanobiossensor consegue detectar satisfatoriamente a menor concentração estudada (0,01 µg/L).

Levando em consideração os limites máximos permitidos deste metal pesado em água potável (0,01 – 0,033 mg/L), observa-se que o nanobiossensor consegue detectar a presença do metal pesado bem abaixo das concentrações máximas definidas pela legislação (Ministério da saúde, 2004; Conama, 2005; Ministério da saúde, 2011).

A atividade de fosfatase alcalina diminui na presença dos íons metálicos e a extensão da inibição é diretamente proporcional à concentração desses íons em solução (Songa e Okonkwo, 2016), porém essa inibição é reversível e não

requer reativadores como o EDTA (Berezhetskyy, *et al*., 2008). Dessa forma, a ligação do inibidor à enzima pode ocasionar uma alteração na estrutura da mesma (Buchapudi, *et al*., 2013). Assim, a mudança de tensão superficial do nanobiossensor de cantilever funcionalizado com a fosfatase alcalina pode ser devido a uma alteração conformacional na estrutura da enzima em resposta a adsorção do metal pesado (inibidor).

Para o coeficiente de correlação (R^2) da curva de calibração, se obteve o valor de 0,954, o qual é considerado como um ajuste satisfatório dos dados para a linha de regressão conforme recomendado pelo INMETRO (2003).

O limite de detecção do nanobiossensor funcionalizado com fosfatase alcalina foi de 0,336 ppb. Desta forma, pode-se dizer que o limite de detecção encontrado neste trabalho foi satisfatório, em comparação com outros trabalhos na literatura como, por exemplo, o de Berezhetskyy *et al*. (2008), o qual encontraram limites de detecção na gama de ppm, para os metais pesquisados, utilizando um biossensor potenciométrico baseados na enzima fosfatase alcalina.

Quanto a sensibilidade do nanobiossensor de cantilever, a mesma foi obtida por meio do coeficiente angular da concentração *versus* voltagem. O nanobiossensor de cantilever funcionalizado com a enzima fosfatase alcalina para detecção de chumbo mostrou uma sensibilidade de 0,273 V/ppb.

4. CONCLUSÕES

O desempenho do nanobiossensor baseado na enzima fosfatase alcalina, imobilizada sobre um cantilever de ouro modificado com camada auto-organizada do ácido 16-MHD, posteriormente, utilizando os agentes de reticulação EDC/NHS, mostrou-se eficiente para a determinação do metal pesado em estudo, apresentando uma resposta rápida, limites de detecção na gama de ppb (0,336 ppb) e uma alta sensibilidade (0,273 V/ppb). Comparando-se o limite de detecção desse trabalho com os dados da literatura, observou-se que os mesmos, foram menores que os valores obtidos, reforçando o sucesso do procedimento desenvolvido.

Sendo assim, podemos afirmar que a metodologia desenvolvida é viável e promissora na detecção de metais pesados em água. Mostrando grandes possibilidades de inovação e difusão tecnológica desses nanobiossensores na detecção prévia e precisa dos lançamentos desses metais nos cursos d'água, o que promoverá um melhor controle e monitoramento das suas emissões.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Finep, Capes, CNPq, Fapergs e a URI – Campus de Erechim.

6. REFERÊNCIAS

Anvisa, 2003. “Agência Nacional de Vigilância Sanitária”. Resolução no 899, de 29 de maio de 2003. Brasil.

Awasthi, A.P., Geubelle, P.H., Grady, M.E., Kim, I.E. e Sottos, N.R., 2016. “Nanoscale mechanical tailoring of interfaces using self-assembled monolayers”. *Mechanics of Materials*, v. 98, p. 71-80.

Ayenimo, J.G. e Adeloju, S.B., 2015. “Inhibitive potentiometric detection of trace metals with ultrathin polypyrrole glucose oxidase biosensor”. *Talanta*, v. 137, p. 62–70.

Berezhetskyy, A.L., Sosovska, O.F., Durrieu, C., Chovelon, J.-M., Dzyadevych, S.V. e Tran-Minh, C., 2008. “Alkaline phosphatase conductometric biosensor for heavy-metal ions determination”. *IRBM*, v. 29, n. 2–3, p. 136-140.

Buchapudi, K., Xu, X., Ataian, Y., Ji, H. e Schulte, M., 2013. “Micromechanical measurement of AChBP binding for label-free drug discovery”. *Analyst*, v. 137, p. 263-268.

Conama, 2005 “Conselho Nacional do Meio Ambiente”. Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> Acesso em: 25 de agosto de 2015.

Herrmann, P.S.P., Silva, M.A.P., Bernardes, R., Job, A.E., Colnago, L.A., Frommer, J.E. e Mattoso, L.H.C., 1997. “Microscopia de Varredura por Força: uma Ferramenta Poderosa no Estudo de Polímeros”. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.7, n.4, p. 51-61.

Inmetro, 2003. “Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial”. Orientações sobre Validação de Métodos de Ensaios Químicos, DOQ-CGCRE-008.

Leite, F.L. e Herrmann, P.S.P., 2005. “Application of atomic force spectroscopy (AFS) to studies of adhesion phenomena: A review”. *Journal of Adhesion Science Technology*, v. 19, p. 365–405.

Magalhães, P.C., 2004. “O custo da água gratuita”. In: *Ciência Hoje*, v. 36, n. 211, p.45-49.

Ministério da saúde. Portaria n° 518 em 25 de março de 2004. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm> Acesso em: 25 de agosto de 2015.

Ministério da saúde. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html> Acesso em: 25 de agosto de 2015.

Muenchen, D.K., Martinazzo, J., Cezaro, A.M., Rigo, A.A., Brezolin, A.N., Manzoli, A., Leite, F.L., Steffens, C. e Steffens, J., 2016. “Pesticide Detection in Soil Using Biosensors and Nanobiosensors”. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, v. 6, p. 1659 – 1675.

Paschoal, J.A.R., Rath, S., Airoldi, F.P.S. e Reyes, F.G.R., 2008. "Validação de métodos cromatográficos para a determinação de resíduos de medicamentos veterinários em alimentos". *Química Nova*, v. 31, n. 5, p. 1190–1198.

Sharma, P., Gandhi, S., Chopra, A., Sekar, N. e Raman Suri, C., 2010. "Fluoroimmunoassay based on suppression of fluorescence self-quenching for ultra-sensitive detection of herbicide diuron". *Analytica Chimica Acta*, v. 676, p. 87-92.

Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J. e Crouch, S.R., 2005. "Fundamentos de química analítica". 8. ed. São Paulo: *Cengage Learning*.

Smith, D.A., Connell, S.D., Robinson, C. e Kirkham, J., 2003. "Chemical force microscopy: Applications in surface characterisation of natural hydroxyapatite". *Analytica Chimica Acta*, v. 479, p. 39–57.

Songa, E.A. e Okonkwo, J.O., 2016. "Recent approaches to improving selectivity and sensitivity of enzyme-based biosensors for organophosphorus pesticides: a review". *Talanta*, v. 155, p. 289–304.

Steffens, C., Leite, F.L., Bueno, C.C., Manzoli, A. e Herrmann, P. S. P., 2012. "Atomic Force Microscopy as a Tool Applied to Nano/Biosensors". *Sensors*, v. 12.

Velanki, S. e JI, H.F., 2006. "Detection of feline coronavirus using microcantilever sensors". *Measurement Science and Technology*, v. 17, p. 2964-2968.

Vladkova, R., Ivanova, P., Krasteva, V., Misra, A.N. e Apostolova, E., 2009. "Assessment of chlorophyll fluorescence and photosynthetic oxygen evolution parameters in development of biosensors for detection of q(b) binding herbicides". *Comptes Rendus De L Academie Bulgare Des Sciences*, v. 62, p. 355-360.

Zhao, H., Xue, C., Nan, T., Tan, G., Li, Z., Li, Q. X., Zhang, Q. e Wanga, B., 2010. "Detection of copper ions using microcantilever immunosensors and enzyme-linked immunosorbent assay". *Analytica Chimica Acta*, v. 676, p. 81–86.

7. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste papel.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DETERMINAÇÃO DE CAFEÍNA COM BIOSSENSOR DE CANTILEVER EM MEIO LÍQUIDO

Alexandra Manzoli
Alana Marie de Cezaro
Aline Andressa Rigo
Daniela Kunkel Muenchen
Janine Martinazzo
Juliana Steffens
Clarice Steffens
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, CEP 99700-000, Erechim - RS, Brasil.
alexxiamanzoli@gmail.com
alana.cezaro@gmail.com
aline.andressa@hotmail.com
danimuenchen@yahoo.com.br
janinemartinazzo@yahoo.com.br
julisteffens@uricer.edu.br
clarices@uricer.edu.br

Flavio Makoto Shimizu
Instituto de Física de São Carlos, IFSC, Universidade de São Paulo, CEP: 13560970, São Carlos – SP, Brasil.
flamakoto@yahoo.com.br

Resumo. *A cafeína, geralmente encontrada em bebidas, produtos alimentícios e de higiene pessoal, é um contaminante emergente não endócrino considerado indicador de poluição antrópica em ambientes aquáticos urbanos. Assim, o objetivo deste trabalho foi aplicar um biossensor de cantilever, com a superfície modificada com a técnica de self assembly monolayer (SAM) para imobilização da enzima tirosinase, na detecção de cafeína em meio líquido, avaliando características de sensibilidade e limite de detecção. Este dispositivo de sensoriamento foi eficiente para a determinação de cafeína com concentração da ordem de nanomolar (10^{-9}), o que torna promissora sua aplicação na determinação de poluição antrópica em águas superficiais.*

Palavras-chave: *cafeína, biossensor de cantilever, tirosinase.*

1. INTRODUÇÃO

A qualidade dos corpos aquáticos tem sido motivo de preocupação de diversas esferas da sociedade, sendo que o controle e o monitoramento destes são procedimentos sanitários imprescindíveis para que sejam destinados ao consumo humano. Especialmente em áreas urbanas, esgotos domésticos e industriais podem contribuir com altas cargas de resíduos, os quais variam em composição de acordo com a densidade populacional e o tipo de indústria. Os contaminantes emergentes surgem como um grupo de interesse recente das comunidades científicas e regulatórias. Segundo a *United States Geological Survey* (USGS), um contaminante emergente pode ser definido como "uma substância química, de ocorrência natural ou antrópica, ou qualquer microrganismo que não é normalmente controlado no ambiente, mas que tem potencial para entrar no ambiente e causar efeitos adversos ecológicos e (ou) sobre a saúde humana, sendo estes efeitos conhecidos ou suspeitos" (USGS, 2012). Até o presente momento não existe legislação para este grupo de contaminantes. Assim, a determinação e o monitoramento dos contaminantes emergentes são de grande importância, sendo possível propor medidas para controlar a contaminação dos sistemas de tratamento da água e esgoto e, ainda, ajudar na formação de uma legislação pertinente.

Considerado um contaminante emergente não endócrino, a cafeína é um indicador de poluição antrópica de ambientes aquáticos urbanos (Daneshvar *et al.*, 2012). Jardim (Jardim, 2013) reportou a utilização da cafeína como indicador eficiente de atividade estrogênica em amostras de águas superficiais coletadas em diferentes mananciais do Estado de São Paulo, uma vez que permanece ainda em quantidades mensuráveis após passar pela estação de tratamento de água. Embora isso não signifique que a cafeína seja um interferente endócrino, mas sua ocorrência pode ser um

indicativo de efeitos associados a este tipo de contaminante, uma vez que estes apresentam dificuldade em serem determinados por meio da toxicologia clássica. Assim, independentemente da alta concentração de indicadores microbiológicos detectados e dos parâmetros físico-químicos alterados devido a poluição antrópica, cafeína é um excelente indicador de poluição urbana (Montagner e Jardim, 2011).

A não disponibilidade de um protocolo tecnológico simples e confiável para a determinação da qualidade das águas abre uma grande perspectiva para este trabalho de pesquisa, uma vez que se propõe uma abordagem alternativa utilizando sensores de ocantilevers com camada ativa enzimática, os quais serão utilizados na determinação do marcador cafeína. Os sensores de microcantilevers são promissores devido à capacidade de medir interações moleculares, alta sensibilidade e reconhecimento específico. Neste trabalho desenvolvemos um biossensor de cantilever funcionalizado com a enzima comercial tirosinase utilizando a técnica SAM para a detecção de diferentes concentrações de cafeína em meio líquido.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Soluções padrão de cafeína

As soluções padrão de cafeína (Sigma-Aldrich) foram preparadas em água ultrapura, purificada com o sistema Milli-Q (Millipore, resistividade nominal de 18,2 MΩ), nas seguintes concentrações: 0,05, 0,5, 1, 5 e 10 ppm. Essas concentrações foram escolhidas para o teste preliminar devido a estarem próximas às concentrações de cafeína obtidas em água potável (400 – 3800 ng L^{-1}) (Ghiselli, 2006). Concentrações padrão mais baixas de cafeína serão testadas em trabalhos futuros.

2.2 Funcionalização do cantilever

Foram utilizados cantilevers comerciais de silício com formato retangular, modelo ContGD-G (BudgetSensors®), com frequência de ressonância de 13kHz, constante de mola de 0,2 N/m e dimensões de 450 μm de comprimento, 50 μm de largura e 2 μm de espessura, com 70 nm de ouro depositado em um dos lados da haste.

O cantilever foi funcionalizado com a enzima comercial tirosinase (Sigma-Aldrich) utilizando a técnica de self assembly monolayer (SAM) usando o tiol 16-mercaptohexadecanóico (16-MHDA, Sigma-Aldrich). Para isto, a superfície do cantilever foi limpa com álcool isopropílico (Vetec) e seca em dessecador à vácuo por 10 h à temperatura ambiente. O cantilever limpo foi imerso em solução 2 mM de (16-MHDA) por 12 horas. Em seguida, o cantilever modificado com tiol foi imerso em solução EDC 1 mM/NHS 1 mM 4:1 (v/v) (Sigma-Aldrich) por 10 minutos. Subsequentemente, o cantilever foi imerso em uma solução 2 mg/mL da enzima comercial tirosinase (2687 U/mg) (Sigma-Aldrich) por 10 minutos, preparada em solução tampão fosfato de potássio 50 mM com pH 6,5. Os cantilevers foram lavados com água ultrapura após cada etapa de funcionalização e secos em dessecador à vácuo.

2.3 Medida de voltagem (deflexão) dos biossensores de cantilever

A voltagem do biossensor de cantilever (mV) foi medida no modo estático usando um microscópio de força atômica da Nanosurf (C3000-Controller), utilizando a técnica de deflexão óptica. Nessa técnica, a deflexão (voltagem) é obtida com o monitoramento da posição do feixe de laser em um fotodiodo de quadro-quadrantes, sendo o feixe de laser inicialmente focado no final do cantilever e refletido no centro do fotodiodo.

O desempenho do biossensor de cantilever foi avaliado em relação à detecção de soluções de cafeína de diferentes concentrações (0,05, 0,5, 1, 5, 10 ppm) e de água ultrapura. Para este propósito, o biossensor de cantilever foi montado em um suporte próprio para meio líquido ("CantiClip"). Antes de cada experimento o feixe de laser e o fotodiodo foram alinhados em ar. Após, o CantiClip foi mergulhado em aproximadamente 0,5 mL de uma gota da solução de cafeína e então, a voltagem como uma função da concentração foi monitorada por meio de uma imagem, realizada com os seguintes parâmetros: área de 0 μm^2 (o cantilever não realiza uma varredura nos eixos x e y dentro da gota de líquido), resolução de 1800x1800 pontos, com velocidade de varredura de 1 s/linha. Nestes parâmetros, a aquisição de cada imagem foi de aproximadamente 60 minutos. As imagens foram convertidas em um gráfico de voltagem (Volts (V) x tempo de contato (min)), por meio do *software* Gwyddion (Versão 2.45), onde os valores obtidos são exportados para o *software* Excel (Versão 2010) para a construção da curva de calibração.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a resposta em voltagem do biossensor de cantilever em diferentes concentrações de cafeína e em água ultrapura (branco). Um aumento da inclinação da voltagem com o aumento da concentração de cafeína foi observado, indicando interação da camada ativa do sensor com a cafeína. Segundo Karnati e colaboradores (Karnati *et al.*, 2007), quando os sensores de cantilevers são expostos aos analitos, o lado da superfície do ouro se dobra como resultado do aumento da tensão devido a repulsão devido às moléculas adicionadas. Assim, uma força superficial surge da ligação química entre os átomos na superfície que sofrem algum processo microestrutural dinâmico, resultando em

uma mudança de densidade (Sang *et al.*, 2014). Do mesmo modo, uma camada ativa rigidamente unida a uma superfície criaria uma tensão de tração ou compressão ao contrair ou expandir, respectivamente. Da Fig. 1 pode-se inferir que a resposta do biossensor de cantilever, uma vez que foi executada em meio líquido, refere-se a uma tensão de compressão, resultante de uma mudança conformacional da estrutura da enzima (expansão) em resposta à adsorção de cafeína.

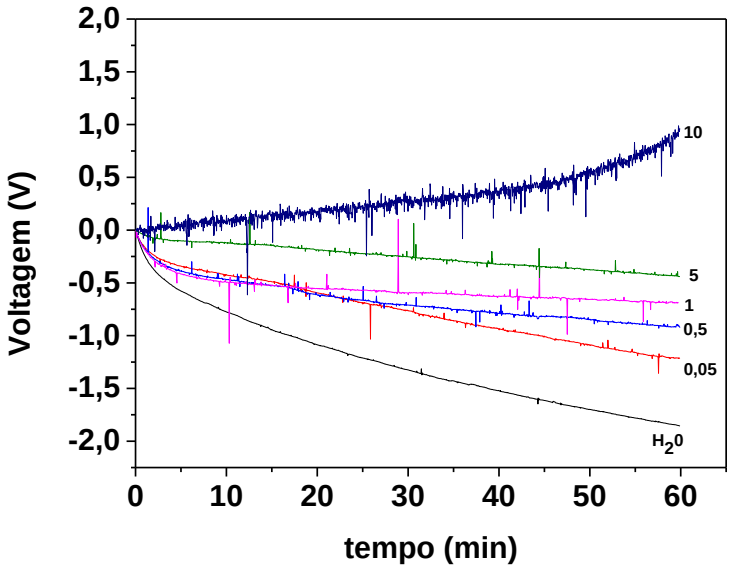


Figura 1. Resposta em voltagem (V) do biossensor de cantilever para diferentes concentrações de cafeína e da água ultrapura.

A partir da Fig. 1 obtivemos uma curva de calibração (voltagem (V) *vs.* log da concentração de cafeína (ppm)), a qual está representada na Figura 2. A temperatura para realização deste experimento foi mantida em 25 ºC ± 0,3 e a umidade em 67 % ± 0,8. A curva de calibração dos padrões de cafeína foi linear entre 0,05 ppm e 10 ppm (2,6 x 10^{-7} M e 5,1 x 10^{-5} M), com um coeficiente de regressão linear de 0,980 (r^2). Concentrações mais baixas de cafeína não foram testadas, apenas concentrações mais altas, sendo que nestas foi observado uma diminuição lenta da inclinação da curva de calibração até atingir um valor assintótico. A sensibilidade do biossensor de cantilever foi obtida por meio do coeficiente angular da regressão linear da curva da Fig. 2, e o limite de detecção dos sensores foi calculado usando a equação recomendada pela IUPAC, que considera 3 vezes o desvio padrão do branco em relação a sensibilidade (IUPAC, 2002).

.

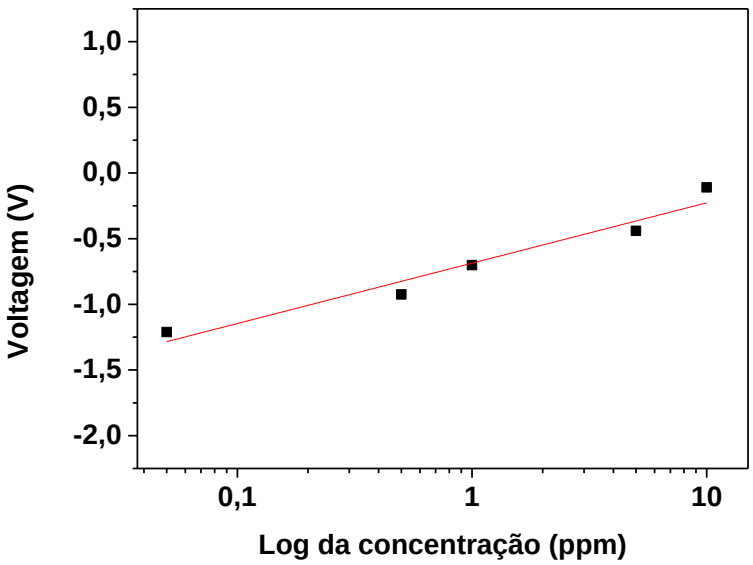


Figura 2. Curva de calibração da cafeína obtida com o biossensor de cantilever.

Assim, os biossensores de cantilever apresentaram boa sensibilidade de 88 V mol/ L e limite de detecção de 20 nmol/L, menor do que os relatados com métodos de detecção usuais, tal como a voltametria de onda quadrada que, por exemplo, ao utilizar eletrodo de carbono vítreo (GCE) modificado com nanotubos de carbono com dopagem N (CNTN) funcionalizado com nanopartículas de $MnFe_2O_4$ ($MnFe_2O_4$@CNT-N) apresentou limite de detecção de 0,83 x 10^{-6} mol/ dm^3 (Fernandes *et al*., 2015) e voltametria de pulso diferencial (Brunetti *et al*., 2007), que ao utilizar, por exemplo, eletrodo de carbono vítreo recoberto com Nafion relatou limite de detecção de 7,98 x 10^{-7} mol/L. Esses resultados mostram a adequação do sistema de biossensores de cantilever na determinação de cafeína em meio líquido na ordem de namolar.

3. CONCLUSÕES

O sistema de biossensoriamento desenvolvido mostrou-se como um potencial método para a determinação de cafeína, obtendo limite de detecção da ordem de dezenas de nanomolar, o que o qualifica para ser utilizado como indicador eficiente de atividade estrogênica em amostras de águas superficiais.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes, CNPq, CNPq (Processo: 455494/2014-2), Fapesp (2012/15543-7 e 2013/14262-7) e Finep pelo auxílio financeiro; Embrapa Instrumentação e URI – Erechim pela realização da pesquisa.

5. REFERÊNCIAS

American Beverage Association, 2006. Jul. 2006 *Nutrition & Health, Ingredients, Caffeine*, <http://www.ameribev.org/health/caffeinecontent.asp>.

Brunetti, B., Desimoni, E. e Casati, P., 2007. "Determination of caffeine at a Nafion-covered glassy carbon electrode". *Electroanalysis*, Vol. 19, p. 385.

Daneshvar, A., Aboulfadl, K., Viglino, L., Broséus, R., Sauvé, S., Humery, A-S. M., Weyhenmeyer, G.A. e Prévost, M., 2012. "Evaluating pharmaceuticals and caffeine as indicators of fecal contamination in drinking water sources of the Greater Montreal region". *Chemosphere*, Vol. 88, p. 139.

Ghiselli G., 2006. Avaliação das águas destinadas ao abastecimento público na região de Campinas: ocorrência e determinação dos interferentes endócrinos (IE) e produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (PFHP). Tese de Doutorado.

Fernandes, D.M., Silva, N., Pereira, C., Moura, C., Magalhães, J.M.C.S., Bachiller-Baeza, B., Rodríguez-Ramos, I., Guerrero-Ruiz, A., Delerue-Matos, C. e Freire, C., 2015. "MnFe2O4@CNT-N as novel electrochemical nanosensor for determination of caffeine, acetaminophen and ascorbic acid". *Sensors Actuators B: Chem*., Vol. 218, p. 128.

Jardim, 2013. 23 set. 2013 <http://www.unicamp.br/unicamp/ju/576/agua-de-20-capitais-tem-contaminantes-emergentes>.

Karnati, C., Du, H., Ji, H-F., Xu, X., Lvov, Y., Mulchandani, A., Mulchandani, P. e Chen, W., 2011. "Organophosphorus hydrolase multilayer modified microcantilevers for organophosphorus detection". *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 22, p. 2636.

Montagner, C.C.; Jardim, W.F., 2011. "Spatial and Seasonal Variations of Pharmaceuticals and Endocrine Disruptors in the Atibaia River, São Paulo State (Brazil)". *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 22, 1452.

Sang S, Zhao Y, Zhang W, Li P, Hu J e Li G., 2014. "Surface stress-based biosensors". *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 51, p. 124.

Stejskal, J. e Gilbert, R.G., 2002. "Polyaniline. preparation of a conducting polymer". *IUPAC Technical Report*, V. 74, n. 5, p. 857867.

USGS, 2012. 1 Nov. 2012 <http://toxics.usgs.gov/regional/emc/index.html>.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

APLICAÇÃO DE NARIZ ELETRÔNICO PARA O MONITORAMENTO DA LIBERAÇÃO DE VOLÁTEIS EM BALAS DE GOMA COM AROMA ARTIFICIAL DE UVA DURANTE SEU ARMAZENAMENTO

Sandra Cristina Ballen
Adriana Marcia Graboski
Elisiane Galvagni
Alexandra Manzoli
Juliana Steffens
Clarice Steffens

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS.
sandra-ballen@live.com
adigraboski@hotmail.com
lisigalvagni@hotmail.com
alexxiamanzoli@gmail.com
julisteffens@uricer.com.br
clarices@uricer.com.br

Resumo. *O aroma de balas de goma está ligado a aceitação dos consumidores. A identificação destes aromas tem atraído a atenção do setor econômico à área, surgindo, assim, um dispositivo, conhecido como nariz eletrônico (e-nose), projetado para detectar e discriminar aromas de uma mistura complexa, utilizando um arranjo de sensores químicos. Neste estudo, o arranjo de sensores de gases com filmes de polianilina dopados com ácido clorídrico – HCl foi produzido e usado como um sistema de e-nose para o monitoramento da liberação de compostos voláteis em balas de gomas contendo aroma artificial de uva em diferentes dias de armazenamento (1, 40, 80 e 120 dias). A resposta dos sensores de gases em voltagem decresceu no período de estocagem, devido a perda dos compostos voláteis da bala o que está relacionada aos seus constituintes que podem tanto bloquear a saída dos voláteis por meio de uma barreira ou do aumento da viscosidade do meio. Dessa forma, o nariz eletrônico mostrou-se um dispositivo promissor na análise e monitoramento de compostos voláteis de aroma em balas de goma.*

Palavras-chave: *bala de goma, armazenamento, nariz eletrônico, uva, HCl*

1. INTRODUÇÃO

As perspectivas de sucesso das balas de gomas no mercado consumidor são muito boas devido, principalmente, a ótima aceitação por parte dos consumidores jovens e às características inovadoras. Para que essa perspectiva se torne realidade as balas de gomas devem atender aos requisitos sensoriais, cujos fatores determinantes são textura, boa claridade e brilho, ausência de turbidez e, principalmente, sabor e aroma atrativos (Garcia e Penteado, 2005; Periche et al., 2014; Pizzoni et al., 2015).

O aroma, juntamente com o sabor, estão intimamente ligados a aceitação e a qualidade do alimento. É interessante ressaltar que o sabor de um alimento é fortemente influenciado pelo seu aroma. A identificação de aromas tem sido foco de muitas pesquisas científicas e assim, atraído a atenção do setor econômico para esta área. A avaliação das características organolépticas dos alimentos é baseada na análise sensorial, a qual emprega o uso dos sentidos de pessoas devidamente treinadas. Entretanto, contêm muitas limitações: é um método caro, demorado, limitado a compostos que não sejam tóxicos e sofre de incoerência e imprevisibilidade devido a vários fatores humanos (Banerjee et al., 2012).

Devido às limitações dos métodos de análise sensorial e dos métodos instrumentais tradicionais, esforços têm sido realizados a fim de melhorar e obter altos níveis de padronização e objetividade. Muitos estudos foram realizados visando o desenvolvimento de alternativas instrumentais que consumam menor tempo e gerem dados mais objetivos, permitindo uma análise qualitativa mais detalhada (Wyllie, 2008).

Uma interessante alternativa é a utilização de sistemas de narizes eletrônicos (e-nose), os quais propõem mimetizar o sentido do olfato humano (Ghasemi-Varnamkhasti et al., 2011; Peris e Escuder-Gilabert, 2009). O e-nose é um

dispositivo projetado para detectar e discriminar aromas de uma mistura complexa com o uso de um arranjo de sensores químicos juntamente com um algoritmo de reconhecimento de padrões (Lozano et al., 2008). Os sensores, em geral, podem ser constituídos de filmes poliméricos (sensíveis a gases e vapores), apresentando mudanças nos valores de condutividade com a passagem de elétrons ou devido a absorção de moléculas. Normalmente são utilizados na detecção de aromas devido a resposta rápida e não serem destrutivos na identificação (Wei et al., 2015). A utilização desse tipo de sensor na área de alimentos é proposta tanto para o controle de qualidade como para o controle da perda, liberação e detecção de aromas (Loutfi et al., 2015).

Estes sensores precisam ter boa sensibilidade, seletividade, estabilidade, precisão e resposta rápida (Herrmann et al., 2007; Steffens et al., 2009). A polianilina (PANI) destaca-se entre os polímeros condutores por sua facilidade de polimerização, mecanismos de condução elétrica estáveis, alta estabilidade química em condições ambiente, baixo custo e dopagem química reversível (Fratoddi et al., 2015; Mattoso, 1996).

Desta forma o presente trabalho teve como objetivo a aplicação de um sistema de nariz eletrônico utilizando sensores de gases dopados com ácido clorídrico (HCl) para o monitoramento da liberação de compostos voláteis em balas de gomas contendo aroma artificial de uva em diferentes dias de armazenamento (1, 40, 80 e 120 dias).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Eletrodos interdigitados de grafite

Os eletrodos interdigitados a base de grafite foram produzidos com a técnica de formação de trilhas, segundo metodologia descrita por Venancio et al. (2008), eram constituídos de uma área retangular de 29 mm por 14 mm, sendo a parte interdigitada destes eletrodos formada por 11 dedos paralelos com 0,25 mm de largura, separadas por intervalos de 0,5 mm, formando assim 22 trilhas "*Line Patterning*", as quais foram desenhadas com o *software* convencional Paint (Microsoft ™), em seguida convertidas em uma imagem negativa. Essa imagem negativa foi impressa em papel vegetal (Schoeller hammer) com espessura 63 g/cm^3 com uma impressora a laser (HP laser jet P1005).

A parte de trás dos substratos foram protegidos, fixando-se os mesmos com fita adesiva em papel absorvente para impedir o contato com a dispersão aquosa de grafite (Aquadag E, Acheson Colloids Company), a qual foi preparada na proporção de 1:4 (massa: volume) (grafite: água Milli-Q) para posterior deposição e recobrimento sobre as máscaras já impressas sobre o papel vegetal. O processo consistiu em adicionar vagarosamente a água sobre a grafite com agitação magnética (Festoam 752A) a temperatura constante (25 °C ± 2) por 20 min (Steffens et al., 2012).

Foram depositadas 3 gotas da solução de grafite sobre a máscara com o auxílio de uma pipeta e, então, espalhada sobre toda a superfície com um bastão de vidro. A secagem foi realizada em estufa (Tecnal - TE-393/1-M) por aproximadamente 30 min. Este procedimento foi repetido por mais uma vez. Após, a remoção do *tonner* foi feita por imersão da máscara em aproximadamente 40 mL de acetona (Merck, 99,5%), durante 30 s em ultrassom (Transsonic 310 – Elma), o mesmo foi seco a temperatura ambiente (25 °C ± 2) e armazenado em dessecador a vácuo.

2.2 Deposição dos filmes de PANI

A síntese *in situ* da PANI no estado de oxidação esmeraldina (forma dopada e condutora) foi realizada de acordo com Steffens et al. (2009) e efetuado em três etapas:

1) Purificação da anilina (Sigma Aldrich 99,5 %) por destilação. Durante a destilação a vácuo, protegeu-*se* da exposição à luz, evitando a sua degradação *e* oxidação. Depois de realizada a destilação, a anilina (incolor) foi mantida a 4 °C e protegida da luz.

2) Preparação das soluções para processo de polimerização. Uma solução foi preparada com adição de 198 µL de anilina destilada em 66 mL de HCl 1M (Merck 99 %) (solução A) e a outra solução adicionando-se 0,498 gramas de persulfato de amônio (Sigma-Aldrich, 98 %) em 33 mL de HCl 1M (solução B). Acondicionaram-se as soluções em banho de gelo para atingir e manter a temperatura a 0 °C.

3) Os eletrodos foram fixos em uma folha de politereftalato de etileno (PET), disposta no interior de um béquer, que se encontrava dentro de um banho de gelo. A solução A foi lentamente adicionada sobre a solução B dentro do béquer que continha os eletrodos interdigitados. A temperatura do sistema foi controlada para que a reação ocorresse a 0 °C, sob agitação magnética (Fisatom 752A). Após 100 min de reação, os sensores foram retirados do béquer e lavados abundantemente com HCl 1M. Em seguida, os sensores foram armazenados em dessecador a vácuo até completa secagem.

2.3 Preparo da amostra (bala de goma)

As balas de goma foram preparadas de acordo com metodologia de Periche et al. (2014). Primeiramente, a gelatina em pó (Synth) foi hidratada em água destilada por ± 10 min, sendo, então, aquecida em banho-maria até a completa dissolução. Após, a sacarose (Gasparin) foi adicionada sob agitação constante até completa dissolução (± 5 min). A massa de bala foi retirada do banho-maria e deixada em repouso até atingir a temperatura de 45 °C, para que, então,

fosse adicionado o aroma comercial de uva (Duas Rodas), na concentração de 2,5 ppm, sendo baseada em estudos de Garcia e Penteado (2005) e Pizzoni et al. (2015).

A massa da bala foi colocada em moldes de policloreto de polivinila (PVC), em uma quantidade de ± 8 g para cada bala, permanecendo assim por 48 h em temperatura ambiente (± 25 ºC), para obterem consistência de gel. As balas foram, então, armazenadas durante 120 dias em temperatura ambiente, embaladas individualmente em filme de PVC e recobertas com papel alumínio para posteriores testes no e-nose.

2.4 Sistema de monitoramento e coleta de dados

O sistema de e-nose desenvolvido era constituído por uma câmara de vidro com capacidade de 1 L, um sensor de temperatura e umidade (Sensirion Kit EK-H5, resolução SHT2x), um ventilador, agitador mecânico (Fisatom, modelo 714), suporte para bala, sensor de gás com filme de PANI dopada com HCl, placa de circuito, sistema de aquisição de dados (Novus) e computador.

O procedimento para a detecção dos compostos voláteis das balas de goma aromatizadas artificialmente foi o seguinte:

a) Obtenção de uma linha de base para os sensores do nariz eletrônico: onde os sensores foram deixados em ar de laboratório e a tensão dos mesmos foi coletada a cada 5 s durante 5 min.

b) Após a obtenção da linha base, foi avaliada a resposta em tensão dos sensores de gases aos compostos voláteis das balas de goma com aroma artificial de uva. As balas foram inseridas dentro do suporte na câmara de medida e, então, submetidas à agitação mecânica de 30 rpm (Fisatom, modelo 714) para promover a liberação dos compostos voláteis das balas. A tensão foi coletada a cada 5 s durante 10 min. Um sensor comercial (Sensirion Kit EK-H5, resolução SHT2x) de monitoramento de temperatura e de umidade relativa foi utilizado no interior da câmara durante os experimentos. Ao final de cada teste o sensor do arranjo era descartado.

Os experimentos foram executados durante o armazenamento das balas de goma durante o período de 1, 40, 80 e 120 dias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta a resposta dos sensores de gases de PANI dopados com HCl expostos aos voláteis das balas de goma com aroma artificial de uva, durante o armazenamento. Os experimentos foram realizados em condições ambientais (temperatura: 20°C ± 2 e umidade relativa: 72% ± 4).

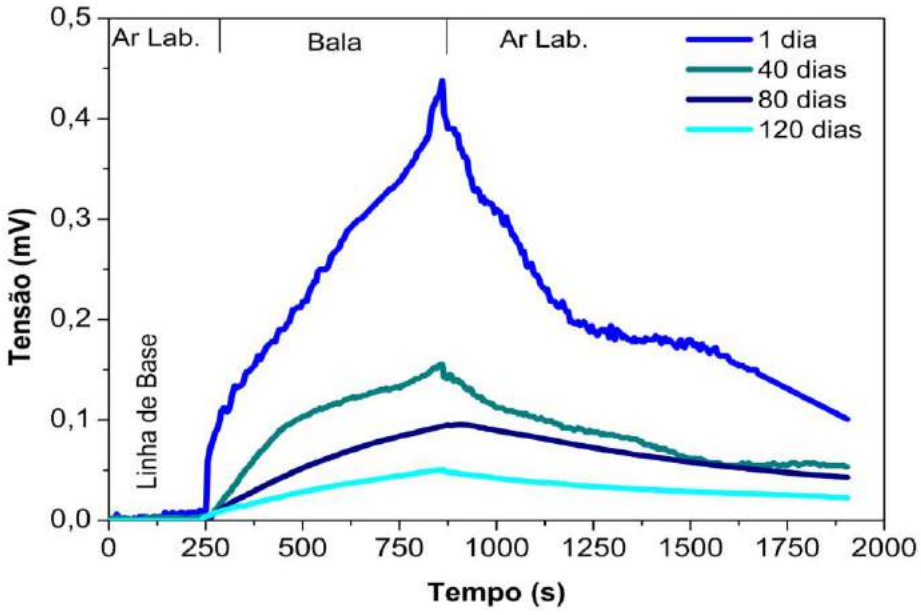


Figura 1**.** Resposta dos sensores de gases de PANI dopados com HCl expostos aos compostos voláteis das balas aromatizadas artificialmente com uva, na concentração de 2,5 ppm em 1, 40, 80 e 120 dias de armazenamento.

Analisando os resultados mostrados na Figura 1 observa-se que as respostas (tensão) dos sensores de PANI dopados com HCl diminuíram com o armazenamento (estocagem) das balas de goma. A perda dos compostos voláteis da bala com o armazenamento está relacionada aos seus constituintes que podem tanto bloquear a saída dos voláteis por meio de uma barreira ou do aumento da viscosidade do meio. Por exemplo, a diminuição da liberação do aroma em alimentos

geleificados pode ser atribuída ao agente espessante, o qual pode ser capaz de formar uma barreira à difusão afetando, assim, a cinética da partição de vapor do volátil ou até impedindo seu transporte de massa, devido a interações entre os compostos de aromas, o espessante e até mesmo o sensor (Pizzoni et al., 2015).

Schirle-Keller; Reineccius; Hatchwell (1994) monitoraram a perda periódica de aspartame e de compostos carbonílicos (aldeído cinâmico (canela), benzaldeído (cereja) e t-2-hexanal (tempero verde)) em gomas de mascar durante um período de armazenamento de 110 dias. As maiores perdas foram encontradas para o t-2-hexenal e o benzaldeído, os quais sofreram perdas semelhantes. Já, o aspartame foi indetectável após 20 dias de armazenamento.

Lubbers et al. (2004) avaliaram a influência do armazenamento na liberação de aroma e mudanças nas propriedades reológicas em iogurte batido aromatizado com morango. Os autores observaram uma diminuição de 50% do aroma em 28 dias de armazenamento, e associaram essa perda de aroma com o aumento significativo da viscosidade durante o período de armazenamento. Estes resultados corroboram com a ideia de que a perda dos compostos voláteis das balas de goma observada em nosso estudo com o nariz eletrônico pode também ser relacionada a um aumento da viscosidade relacionada com a perda de umidade juntamente com os compostos voláteis.

4. CONCLUSÃO

Os sensores de gases baseados em filme de PANI dopados com HCl utilizados em um sistema de e-nose, aplicado na detecção de compostos voláteis de balas de goma aromatizadas artificialmente com aroma de uva, armazenados por um período de 1, 40, 80 e 120 dias demonstraram diminuição das respostas de tensão. Esta diminuição da tensão durante a estocagem está relacionada a perda de aromas das balas por volatilização, desta forma demostrando que o e-nose foi capaz de monitorar a liberação dos compostos voláteis.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPQ, FAPERGS, FINEP e a URI pelo apoio financeiro ao presente trabalho.

6. REFERÊNCIAS

Banerjee, R., Tudu, B., Shaw, L., Jana, A., Bhattacharyya e N., Bandyopadhyay, R., 2012. Instrumental testing of tea by combining the responses of electronic nose and tongue. J. Food Eng. 110, p. 356–363.

Fratoddi, I., Venditti, I., Cametti e C., Russo, M.V., 2015. Chemiresistive polyaniline-based gas sensors: A mini review. Sensors Actuators B Chem. 220, p. 534–548.

Garcia, T. e Penteado, M. D. V. C., 2005. Qualidade de balas de gelatina fortificadas com vitaminas A, C e E. Ciência e Tecnol. Aliment. 25, p. 743–749.

Ghasemi-Varnamkhasti, M., Mohtasebi, S.S., Rodriguez-Mendez, M.L., Lozano, J., Razavi, S.H. e Ahmadi, H., 2011. Potential application of electronic nose technology in brewery. Trends Food Sci. Technol. 22, p. 165–174.

Herrmann, P. S. D. P., Venancio, E.C. e Mattoso, L. H. C., 2007. Disposable sensor with Line Patterning technique of graphite and polyanilines (PANI), used to detect water vapor, In: XXIX *Encontro Nacional de Física Da Matéria Condensada*.

Loutfi, A., Coradeschi, S., Mani, G.K., Shankar, P. e Rayappan, J. B. B., 2015. Electronic noses for food quality: A review. J. Food Eng. 144, p. 103–111.

Lozano, J., Arroyo, T., Santos, J. P., Cabellos, J.M. e Horrillo, M. C., 2008. Electronic nose for wine ageing detection. Sensors Actuators B Chem. 133, p. 180–186.

Lubbers, S., Decourcelle, N., Vallet, N. e Guirchad, E. 2004. Flavor release and rheology behavior of strawberry fatfree stirred yogurt during storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, (10), p. 3077–3082.

Mattoso, L. H. C., 1996. Polyanilines: Synthesis, structure and properties. Quimica Nova.

Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A., e Castelló, M. L., 2014. Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. Food Biosci. 7, p. 37–44.

Peris, M. e Escuder-Gilabert, L., 2009. A 21st century technique for food control: Electronic noses. Anal. Chim. Acta 638, p. 1–15.

Pizzoni, D., Compagnone, D., Di Natale, C., D'Alessandro, N. e Pittia, P., 2015. Evaluation of aroma release of gummy candies added with strawberry flavours by gas-chromatography/mass-spectrometry and gas sensors arrays. J. Food Eng. 167, p. 77–86.

Schirle-Keller, J. P., Reineccius, G. A. e Hatchwell, L. C., 1994. Flavor Interactions with Fat Replacers: Effect of Oil Level. Journal of Food Science, v. 59, n. 4, p. 813–815.

Steffens, C., Corazza, M.L., Franceschi, E., Castilhos, F., Herrmann, P.S.P. e Oliveira, J.V., 2012. Development of gas sensors coatings by polyaniline using pressurized fluid. Sensors Actuators, B Chem. 171–172, p. 627–633.

Steffens, C., Manzoli, A., Francheschi, E., Corazza, M .L., Corazza, F.C., Oliveira, J.V. e Herrmann, P. S. P., 2009. Low-cost sensors developed on paper by line patterning with graphite and polyaniline coating with supercritical CO_2. Synth. Met. 159, p. 2329–2332.

Steffens, C., Manzoli, A., Paschoalin, R.T., Corazza, F. C., Oliveira, J.V. de, e Herrmann, P. S. D. P., 2009. Aplicação de sensores de gases de baixo custo recobertos com filmes de polianilina na observação do amadurecimento de banana prata. Embrapa Instrumentação Agropecuária Doc. P. 1–16.

Venancio, E. C., Mattoso, L. H. C., Herrmann Júnior, P.S.D.P. e MacDiarmid, A.G., 2008. Line patterning of graphite and the fabrication of cheap, inexpensive, "throw-away" sensors. Sensors Actuators, B Chem. 130, p. 723–729.

Wei, Z., Wang, J. e Zhang, W., 2015. Detecting internal quality of peanuts during storage using electronic nose responses combined with physicochemical methods. Food Chem. 177, p. 89–96.

Wyllie, S.G., 2008. Flavour quality of fruit and vegetables: are we on the brink of major advances?, In: *Fruit and Vegetable Flavour*. Elsevier, p. 3–10.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (*CYMBOPOGON WINTERIANUS)* E TOXICIDADE ANTES E APÓS ESTERIFICAÇÃO

Amanda Staudt
Júlia Lisboa Bernardi
Rogério Luis Cansian
Rogério Marcos Dallago
Alexander Junges
Natália Paroul
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Avenida Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS, Brasil
amanda_staudt@hotmail.com
julialisboabernardi@yahoo.com
cansian@uricer.edu.br
dallago@uricer.edu.br
junges@uricer.edu.br
nparoul@uricer.edu.br

Débora de Oliveira
José Vladimir de Oliveira
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC - Rua Delfino Conti, s/n, Florianópolis – SC
debora.oliveira@ufsc.br
jose.vladimir@ufsc.br

Resumo. *O óleo essencial da Citronela (*Cymbopogon winterianus*) possui várias atividades biológicas, dentre elas destaca-se a ação repelente de insetos. Os components majoritários do óleo de Citronela, além de citronelal (39,98%), são dois álcoois monoterpêncicos, geraniol (20,56%) e citronelol (17,54%). Alguns estudos revelam que ésteres de ácido cinâmico podem ser aplicados como pesticidas, inseticidas e fungicidas naturais. Dentro desse contexto o objetivo do presente trabalho foi avaliar a toxicidade do óleo essencial de citronela e seus ésteres frente à* Artemia salina *visando obter dados prévios para futura aplicação dos mesmos como bioinseticida. Os ésteres foram produzidos usando ácido cinâmico como agente acilante e a enzima de* Candida Antarctica, *NS88011, como biocatalisadora. A taxa da conversão foi de 41,6 e 51% para citronelil e geranil cinamatos, respectivamente. O ensaio de toxicidade foi realizado nas concentrações de 50, 100, 150, 200, 250, 500, 750, 1000, 2500 e 4000 ppm. O resultado de CL50 (Concentração média Letal) obtido para os ésteres foi de 95,8ppm e 129,5ppm para o óleo, mostrando uma alta toxicidade das amostras avaliadas. Com isso, conclui-se que as amostras avaliadas apresentam alto potencial de aplicação como bioinseticida, sendo necessária a realização de novos estudos para comprovação desse resultado.*

Palavras-chaves: *Ácido cinâmico, bioinseticida, concentração media letal, enzima NS8801.*

1. INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis e lipofílicas. Geralmente um líquido com odor característico, contendo em sua composição terpenos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas e cumarinas (Dorman e Deans, 2000; Simões e Spitzer, 2004).

A citronela, do gênero *Cymbopogon,* é uma cultura perene cultivada em áreas da Ásia, África e América. Seu óleo essencial é amplamente aplicado nas indústrias farmacêutica, de perfumaria e cosmética. Possui alta atividade de repelência a mosquitos, sendo o principal constituinte de repelentes (Shasany *et al.*, 2000). O óleo de citronela possui em sua composição os álcoois terpênicos geraniol e citronelol, sendo que estes apresentam grande potencial de conversão em reações estereoespecíficas.

Ésteres de ácido cinâmico vêm se tornando foco de interesse científico por apresentar propriedades antioxidantes e antimicrobianas, e por serem aromas com grande potencial de aplicação nas indústrias alimentícia e de cosméticos (Souza, 2016).

Uma aplicação para éster de ácido cinâmico é apresentada pela patente WO 2014094100 A2 (Universidade Federal do Paraná & Abcott Comércio e Indústria Química – Eirele, 2014) que relata uma composição formada por cinamato de metila, éster de ácido cinâmico, e linalol com aplicação como pesticida, repelente e fungicida.

O teste de toxicidade contra o crustáceo *Artemia salina* é um ensaio amplamente utilizado para avaliação preliminar de toxicidade (Amarante *et al.*, 2011). Artemias são usadas como organismos de teste para toxicidade devido sua facilidade de cultivo, alta disponibilidade, baixo custo e por sua adaptabilidade a condições adversas (Soltanian, 2007).

Frente ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o perfil químico do óleo essencial de citronela bem como a toxicidade do óleo e de seus ésteres obtidos através da esterificação enzimática usando ácido cinâmico como agente acilante, visando uma futura aplicação dos mesmos como bioinseticidas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Produção dos ésteres

A reação de esterificação foi realizada conforme metodologia descrita por Zanetti, *et al.* (2016) com modificações. A reação ocorreu a partir da mistura de óleo essencial de citronela, da espécie *Cymbopogon winterianus*, e ácido cinâmico, razão molar 3:1, na presença de solvente n-heptano e 15% (m/m) de enzima de *Candida antarctica*, NS 88011. A reação foi conduzida sob agitação mecânica a 150rpm e 70^{0}C durante 30 horas. Ao término das 30 horas, filtrou-se a reação com o intuito de separar as enzimas e o produto foi armazenado para utilização na análise futura.

A avaliação da conversão dos álcoois geraniol e citronelol em ésteres foi realizada através de cromatografia gasosa em equipamento do tipo GC-FID 2010 plus Shimadzu com injetor automático e detector de ionização de chama (FID). As análises foram realizadas utilizando coluna capilar de polietilenoglicol (PEG) Rtx-Wax (30m x 0,25mm i.d.), 0,25µm de espessura de filme, com programação de temperatura de: 40ºC (6min), 40-180ºC (2ºC/min), 180-220ºC (10ºC/min), 220ºC (15min). A temperatura do detector e injetor foi de 220ºC, modo de injeção Split, razão de Split 1:50 e gás de arraste: N_2 (30mL/min), H_2 (40mL/min) e ar sintético (400mL/min). O volume injetado foi de 100µL de amostra diluída em diclorometano (1:9).

A determinação do perfil químico do óleo essencial de citronela foi realizada por cromatografia gasosa com espectroscopia de massas, em equipamento GC-MS, modelo QP5050, Shimadzu. Sendo que, utilizou-se as mesmas condições descritas para análise com FID.

2.2 Ensaio de toxicidade contra *Artemia salina*

A metodologia utilizada no ensaio de toxicidade sobre *Artemia salina* foi uma adaptação da metodologia de Meyer, *et al.* (1982). Primeiramente preparou-se uma solução salina com sal marinho na concentração 10g.L^{-1} e 0,7g.L^{-1} de bicarbonato de sódio. Esta solução foi utilizada na eclosão dos ovos de *Artemia salina* e demais diluições. Para a eclosão dos ovos manteve-se os mesmos na solução salina por 24 horas sob aeração constante e temperatura de 20^{0}C.

As soluções das amostras a serem testadas foram preparadas pela adição de 0,01% de amostra, óleo essencial ou ésteres, e 0,2% de dimetilsulfóxido (DMSO) em solução salina. A partir da solução de amostra fizeram-se as diluições nas concentrações de 100, 250, 500, 750, 1000, 2500 e 4000ppm.

Adicionou-se a tubos 10mL da solução de amostra e 10 larvas de *Artemia salina* e realizada a contagem dos animais vivos e mortos após 24 horas. Os ensaios foram realizados em triplicata de amostras e os valores modais são apresentados nos resultados.

Frente aos resultados de mortalidade das larvas de *Artemia salina* em relação à concentração das amostras, fez-se um gráfico de análise para obtenção da CL_{50} (dose letal de amostra para 50% da população). Onde se ajustou uma equação linear que foi utilizada para estimar a concentração de amostra necessária para matar 50% das larvas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise realizada em cromatógrafo gasoso acoplado com espectrômetro de massa foi possível determinar a composição química do óleo essencial de citronela como mostrada na Tabela 1. Onde é possível observar que o óleo essencial de citronela apresenta como componente majoritário o citronelal (38,98%), seguido do geraniol (20,56%) e citronelol (17,54%). Os valores encontrados para os compostos de interesse, geraniol e citronelol, correspondem a 38,1% da composição total do óleo puro.

O valor obtido para a quantidade de geraniol apresenta-se semelhante ao valor encontrado por Paroul (2011) que foi de 21,99%. Foi semelhante também ao valor obtido por Kakaraparthi, *et al.* (2014) para o óleo de citronela quando a mesma foi colhida com 30 e 50 dias, que apresentou teor de geraniol de 19,2 e 22%, respectivamente. No entanto, o resultado obtido foi inferior ao encontrado por Kakaraparthi, *et al.* (2014) para o óleo oriundo da citronela quando colhida com 90 dias, que apresentou quantidade de geraniol igual a 26,7%.

Já a quantidade de citronelol encontrada no presente estudo foi superior à encontrada por Paroul (2011) que foi de 10,90%. Foi superior aos valores encontrados por Kakaraparthi, *et al.* (2014) que obtiveram um valor máximo de

citronelol igual a 6,9% para óleo de citronela colhida com 90 dias. No entanto, o resultado mostrou-se semelhante ao obtido por Timung, *et al.* (2016) que obteve 13,41% de citronelol para o óleo de citronela obtido por hidrodestilação.

Fatores como tempo da colheita, espaçamento entre plantas, altura de corte, pH do solo e clima estão diretamente ligados com a composição química dos óleos essenciais, justificando as variações encontradas (Marco, *et al., 2007;* Kakaraparthi, *et al.*, 2014).

Tabela 1. Composição química do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*)

Pico	Tempo de retenção (min)	Composto	Área (%)
1	11,4	D-Limoneno	3,46
2	28,4	Citronelal	38,98
3	33,1	β-elemeno	1,10
4	34,8	Linalol	1,57
5	39,4	Geranial	1,26
6	40,9	Δ-Cadieno	2,58
7	42,1	Cedreno	0,82
8	43,9	Citronelil acetato	2,58
9	44,4	α-muurolene	2,58
10	45,1	Citronelol	17,54
11	49,0	Geraniol	20,56
12	58,4	τ-Cadinol	0,64
13	60,1	Elemol	2,33

Através da análise de cromatografia gasosa foi possível determinar a conversão das reações, a partir da Equação (1), através da redução do sinal dos substratos geraniol e citronelol, e também a produção dos ésteres, como pode ser visualizado nas Figuras 1 e 2. Na Figura 1 pode-se visualizar o cromatograma para a mistura reacional, que possui uma área de 1723768 para o citronelol, com tempo de retenção de 45,1 min, e área de 2140073 para o geraniol, com tempo de retenção de 49 min.

$$Conversão_{(\%)} = \frac{(S_b - S)}{Sb} . 100 \quad (1)$$

Onde: S_b corresponde a área do pico da mistura reacional e S a área do pico após a reação de 30 horas .

Na Figura 2 é possível notar a formação de dois novos picos nos tempos de retenção de 87,7 min e 92,2 min, sendo que estes são os picos dos ésteres citronelil e geranil cinamato, respectivamente. As áreas dos substratos após 30 h de reação foram de 1006323 para o citronelol e 1049545 para o geraniol.

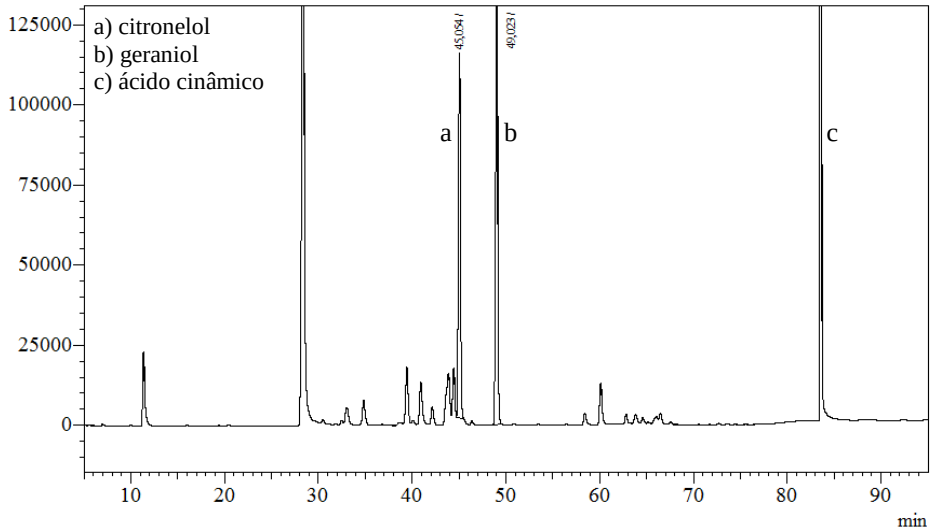


Figura 1. Cromatograma do meio reacional

A partir dos resultados das áreas dos álcoois obtidos por cromatografia gasosa foi possível determinar, pela Eq. (1), a conversão de geraniol e citronelol em ésteres. Obtendo taxa de conversão de 41,6 e 51% para citronelil e geranil cinamatos, respectivamente.

Os valores para a taxa de conversão encontram-se próximos aos obtidos por Paroul (2011) em avaliação de esterificação enzimática para produção de citronelil e geranil oleato a partir do óleo essencial de citronela, que obteve uma conversão de 50,9% para citronelil oleato e 37,8% para geranil oleato, utilizando temperatura de 50°C, razão molar 3:1 (óleo:ácido) e 5,5% (m/m) de enzima Novozym 435 após 6 horas de reação.

Zanetti, *et al.* (2016) em estudo de síntese de geranil cinamato por reação catalisada por lipase obtiveram uma conversão de 75,85% para geranil cinamato, nas condições de temperatura igual a 70°C, razão molar 3:1 (geraniol:ácido) e 15% (m/m) de enzima NS88011.

O valor obtido no presente estudo para produção de geranil cinamato, em comparação com o resultado obtido por Zanetti, *et al.* (2016) pode ter ficado inferior devido o presente estudo ter sido realizado com o óleo essencial de citronela, por este possuir uma composição de maior complexidade. Sendo assim, vê-se que mais estudos devem ser realizados com o objetivo de otimizar a produção dos ésteres geranil e citronelil cinamato a partir do óleo essencial de citronela.

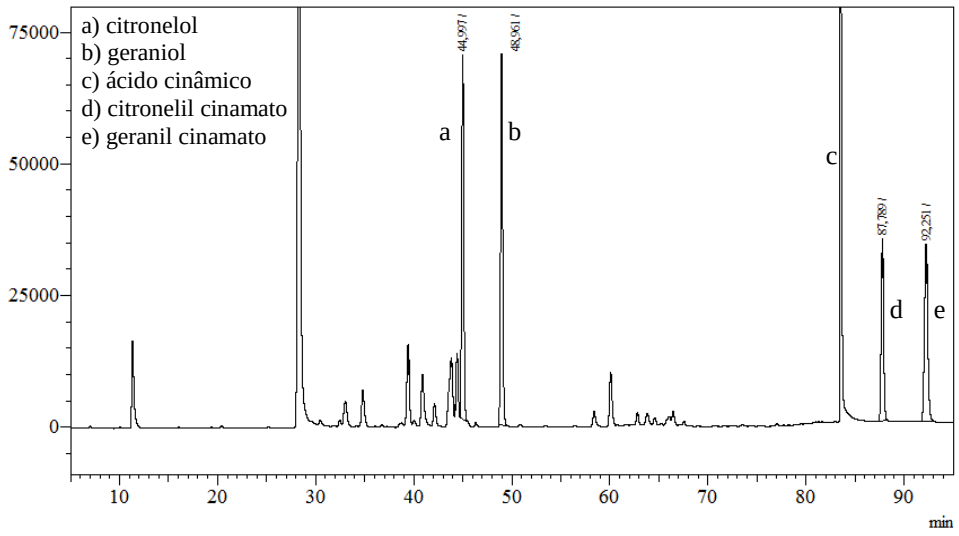


Figura 2. Cromatograma do meio reacional após 30 horas de reação

Quanto ao ensaio de toxicidade, os ésteres e o óleo foram testados nas concentrações 50, 100, 150, 200, 250, 500, 750, 1000, 2500 e 4000ppm e os resultados estão apresentados na Figura 3. Em concentrações superiores a 250 ppm toda a população de *Artemia salina* foi morta, evidenciando um alto poder tóxico das amostras avaliadas, por este motivo os resultados não foram mostrados na Fig. 3.

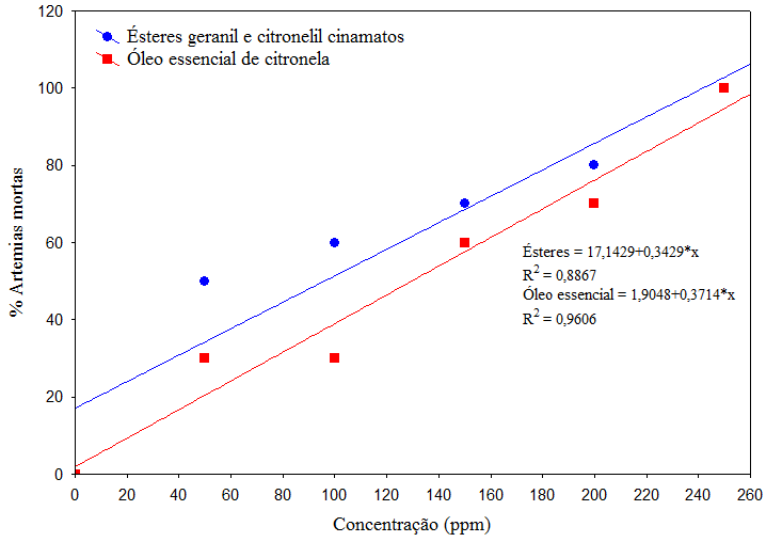


Figura 3. Porcentagem de náuplios de *Artemia salina* mortos em relação ao aumento da concentração das amostras

A partir da equação linear obtida com os resultados do ensaio de toxicidade obteve-se um valor de CL_{50} para o óleo essencial de citronela igual a 129,5 ppm e para os ésteres o resultado foi 95,8ppm. O resultado de CL_{50} mostra que as amostras avaliadas são altamente tóxicas, tendo em vista que considera-se tóxico, de acordo com Meyer, *et al.* (1982), um produto com CL_{50}<1000 ppm.

Os valores de CL_{50} encontrados para o óleo e para os ésteres oferecem uma alternativa no controle de *Aedes aegypti* L., pois os valores de CL_{50} de 129,5ppm para o óleo e 95,8ppm para os ésteres encontrados no presente trabalho são superiores ao encontrado por Furtado *et al.* (2005) para o óleo essencial de *Vanillosmopsis arborea Baker*, com CL_{50} de 15,9mg/mL, considerado o óleo com maior potencial larvicida em seu estudo.

Baseado nos dados apresentados no presente estudo pode-se concluir que o óleo essencial de citronela e os ésteres geranil e citronelil cinamato apresentam alta toxicidade contra *Artemia salina*. Frente ao alto potencial toxicológico os ésteres avaliados são uma possível matéria-prima para avaliação como bioinseticida, sendo necessária a realização de novos estudos para validação desse resultado.

4. REFERÊNCIAS

do Amarante, C.B. *et al.*, 2011. "Estudo fitoquímico biomonitorado pelos ensaios de toxicidade frente à *Artemia salina* e de atividade antiplasmódica do caule de aninga (*Montrichardia linifera*)". *Acta Amazônica*, vol. 41, n. 3, p. 431-434.

Dorman, H.J.D. e Deans, S.G., 2000. "Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils". *Journal of Applied Microbiology*, vol. 88, p. 308-316.

Furtado, R.F. *et al.*, 2005. "Atividade larvicida de óleos essenciais contra *Aedes aegypti* L.(Diptera: Culicidae)". *Neotropical Entomology*, vol. 34, n. 5, p. 843-847.

Kakaraparthi, P.D. *et al*., 2014. "Variation in the essential oil content and composition of Citronella (*Cympobopogon winterianus* Jowitt.) in relation to time of harvest and weather conditions". *Industrial Crops and Products*, vol. 61, p. 240-248.

Marco, C.A. *et al.*, 2007. "Características do óleo essencial de capim-citronela em função do espaçamento, altura e época de corte". *Horticultura Brasileira*, vol. 25, p. 429-432.

Meyer, B.N. *et al*., 1982. "Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents". *Journal of Medical Plant Research*, vol. 45, n. 1, p. 31-34.

Paroul, N., 2011. *Síntese enzimática de ésteres aromatizantes a partir de diferentes substratos em sistema livre de solvente orgânico*.Tese de Doutorado, Universidade de Caxias do Sul, Brasil.

Shasany, A.K. *et al.*, 2000. "Phenotypic and RAPD diversity among *Cymbopogon winterianus* Jowitt accessions in relation to *Cymbopogon nardus* Rendle". *Genetic Resources and Crop Evolution*, vol. 47, p. 553-559.

Simões, C.M.O. e Spitzer, V., 2004. "Óleos voláteis". In Simões, C.M.O. *et al.*, 2004. *Farmacognosia: da planta ao medicamento.* Editora da UFRGS/Editora da UFSC, Porto Alegre/Florianópolis, p. 268-495.

Soltanian, S., 2007. *Protection of gnotobiotic* Artemia *against* Vibrio campbellii *using baker's yeast strains and extracts.* PhD tese, Ghent University, Bélgica.

Souza, R., 2016. *Avaliação de sistemas reacionais e ampliação de escala para a síntese enzimática de cinamato de geranila e suas propriedades antimicrobianas*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Timung, R. *et al.*, 2016. "Composition and anti-bacterial activity analysis of citronella oil obtained by hydrodistillation: Process optimization study". *Industrial Crops and Products*, vol. 94, p. 178-188.

Universidade Federal do Paraná and Abcott Comércio e Indústria Química –Eirele, 2014. Francisco de Assis Marques; Eduardo Novaes Ramires; Vinícius Annies; Mario Antonio Navarro da Silva. "Composição pesticida, repelente, fungicida e vermífuga e uso da mesma". BR n. WO 2014094100 A2, 20 dez. 2013, 26 jun. 2014.

Zanetti, M. *et al.*, 2016. "Synthesis of geranyl cinnamate by lipase catalyzed reaction and its evaluation as an antimicrobial agent". *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, vol. 92, p. 115-121.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS, CNPq, CAPES e URI pela concessão de bolsas e/ou apoio financeiro.

6. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO REACIONAL DE ESTERIFICAÇÃO ENZIMÁTICA DE ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA (*CYMBOPOGON WINTERIANUS)* COM ÁCIDO CINÂMICO

Amanda Staudt
Rogério Marcos Dallago
Alexander Junges
Natália Paroul
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Avenida Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS, Brasil
amanda_staudt@hotmail.com
dallago@uricer.edu.br
junges@uricer.edu.br
nparoul@uricer.edu.br

Débora de Oliveira
José Vladimir de Oliveira
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC - Rua Delfino Conti, s/n, Florianópolis – SC
debora.oliveira@ufsc.br
jose.vladimir@ufsc.br

Resumo. *O óleo essencial de citronela* (Cymbopogon winterianus) *possui em sua composição os álcoois terpênicos geraniol e citronelol, compostos com grande potencial de aplicação em reações estereoespecíficas. Ésteres de ácido cinâmico apresentam diversas atividades biológicas e potencial aplicação nas indústrias alimentícia e cosmética. Uma opção eficiente para a produção de ésteres é a utilização de enzimas como catalisadoras da reação, devido sua alta seletividade. O objetivo do presente estudo foi determinar a taxa de conversão dos substratos geraniol e citronelol, provenientes do óleo essencial de citronela (*C. winterianus*), em ésteres, avaliando duas diferentes lipases de* Candida antarctica, *Novozym 435 e NS88011, como biocatalisadoras da reação bem como o tempo reacional mínimo para uma conversão satisfatória. Quando avaliada a enzima Novozym 435 obteve-se uma maior conversão em 48h, sendo 98% de conversão para o citronelol e 99% para o geraniol. Já, para a enzima NS88011 o tempo ótimo de reação foi de 52h, obtendo 98,6% e 99,4% de conversão para o citronelol e geraniol, respectivamente. Esse resultado é visto como satisfatório, devido a alta taxa de conversão, porém outros estudos devem ser realizados com o intuito de otimizar as condições de produção.*

Palavras-chave: *Cinamatos, NS 88011, Novozym 435, biocatalisadores, tempo reacional*

1. INTRODUÇÃO

Óleos essenciais de origem vegetal apresentam grande aplicação na indústria. São utilizados como aromatizantes em alimentos, bebidas, perfumes, cosméticos e produtos farmacêuticos. Apresentam aplicação também como fumigantes, inseticidas e repelentes (Kheradmand, Noori e Sabahi, 2010; Paranagama e Gunasekera, 2011; Burt, 2004; Teixeira *et al.*, 2013).

O óleo essencial de citronela possui como components majoritários os álcoois terpênicos geraniol e citronelol, sendo que estes álcoois apresentam grande potencial de aplicação em reações estereoespecíficas. Almeida *et al.* (2001; 2004) relatam que o óleo essencial de citronela possui diversos usos terapêuticos, sendo aplicado como analgésico, anticonvulsivo e ansiolítico, é também um agente antifúngico, antibacteriano, antiparasitário e vermicida.

Ésteres de ácido cinâmico mostram-se interessantes no meio científico por apresentarem propriedades terapêuticas e promissora aplicação nas indústrias alimentícia e cosmética. Esses ésteres podem ser obtidos por reação de esterificação ou transesterificação.

Uma alternativa eficiente para a produção de ésteres é a utilização de enzimas como catalisador da reação. Sendo que as rotas enzimáticas, quando comparado aos catalisadores químicos, apresentam condições de reação mais suaves, menor geração de resíduos ambientais, baixa toxicidade e alta especificidade (Coelho, Salgado e Ribeiro, 2008). Souza

(2016) descreve que as enzimas tem a capacidade de alterar a velocidade da reação sem influenciar na composição do meio reacional e nem na quantidade de produto ao final da reação.

O presente estudo teve como objetivo estudar a reação de esterificação dos substratos geraniol e citronelol, provenientes do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus)*, em ésteres, com utilização de duas diferentes enzimas de *Candida antarctica*, Novozym 435 e NS88011, como biocatalisadoras da reação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A reação de esterificação foi realizada a partir de uma adaptação da metodologia descrita por Zanetti *et al.* (2016). A reação consistiu na mistura de óleo essencial de citronela, da espécie *Cymbopogon winterianus*, e ácido cinâmico, razão molar 3:1, em solvente n-heptano e 15% (m/m) de enzima Novozym 435 ou NS88011. A reação ocorreu em temperatura constante de 70°C e agitação mecânica de 150rpm. Alíquotas de amostra foram retiradas em diferentes tempos para avaliação da conversão em ésteres.

A avaliação da conversão dos substratos em ésteres geranil e citronelil cinamato foi realizada por cromatografia gasosa realizada em equipamento do tipo GC-FID 2010 plus Shimadzu com injetor automático e detector de ionização de chama (FID). As análises foram realizadas utilizando coluna capilar de polietilenoglicol (PEG) Rtx-Wax (30m x 0,25mm i.d.), 0,25µm de espessura de filme, com programação de temperatura de: 40°C (6min), 40-180°C (2°C/min), 180-220°C (10°C/min), 220°C (15min). A temperatura do detector e injetor foi de 220°C, modo de injeção Split, razão de Split 1:50 e gás de arraste: N_2 (30mL/min), H_2 (40mL/min) e ar sintético (400mL/min). O volume injetado foi de 0,1µL de amostra diluída em diclorometano (1:9).

A determinação da conversão dos substratos em ésteres foi determinada pela Equação 1, que leva em consideração a diminuição do sinal dos substratos geraniol e citronelol.

$$Conversão_{(\%)} = \frac{(S_b - S)}{Sb} . 100 \quad (1)$$

Onde, S_b corresponde à área do pico da mistura reacional e S corresponde a área do pico após a reação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de amostras em diferentes tempos reacionais foi possível determinar o tempo onde há maior produção dos ésteres. A Figura 1 mostra a área dos produtos geranil e citronelil cinamatos produzidos com as enzimas NS 88011 e Novozym 435.

É possível visualizar a partir da Figura 1 que a produção utilizando a enzima Novozym 435 como biocatalisadora acontece mais rapidamente do que com a enzima NS 88011. Porém, a produção final é semelhante.

Determina-se, pela Figura 1, que o tempo ótimo para produção dos ésteres geranil e citronelil cinamato é de 48 horas, quando utilizada a enzima Novozym 435 e 52 horas, quando aplicada a enzima NS 88011.

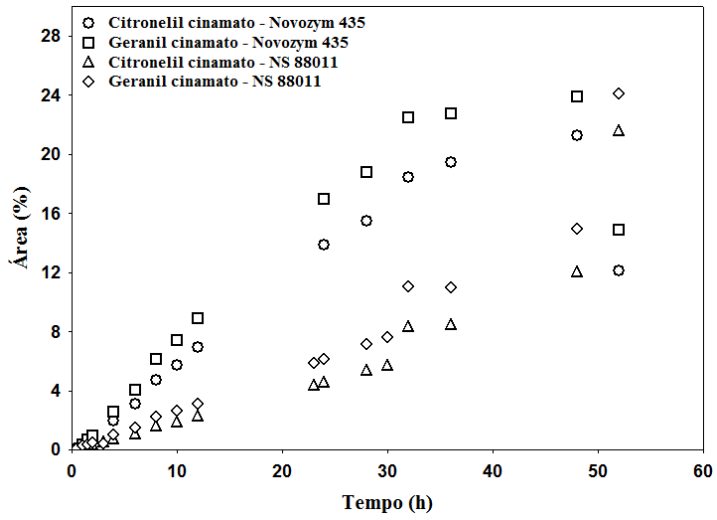


Figura 1. Comparativo de produção de ésteres geranil e citronelil cinamatos utilizando as enzimas Novozym 435 e NS 88011

Após a determinação do tempo reacional ótimo, fez-se a visualização da produção dos ésteres pela comparação dos cromatogramas para a mistura reacional e das amostras em 48 e 52 horas quando utilizadas as enzimas Novozym 435 e NS 88011, respectivamente, como mostrado nas Figuras 2, 3 e 4.

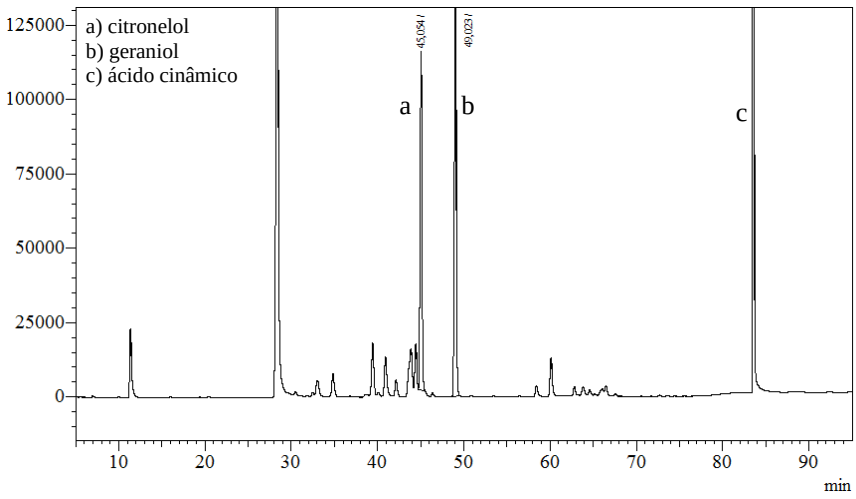


Figura 2. Cromatograma da mistura reacional

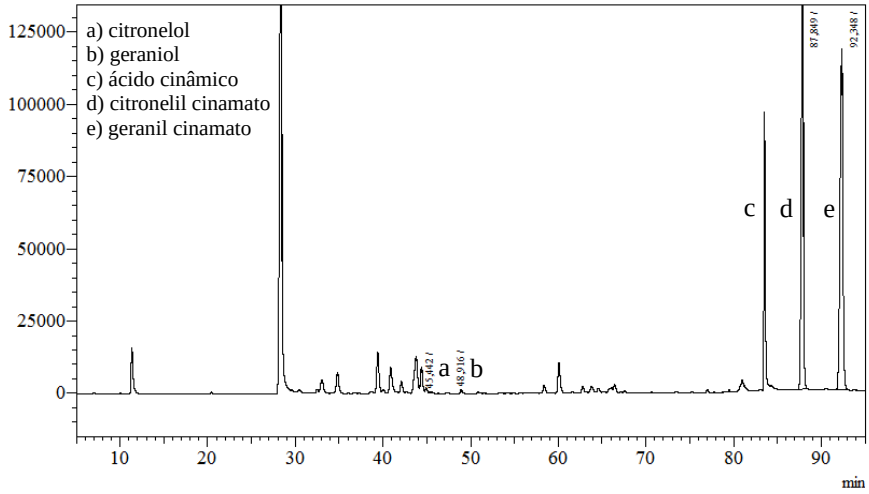


Figura 3. Cromatograma para a reação de 48 horas utilizando a enzima Novozym 435

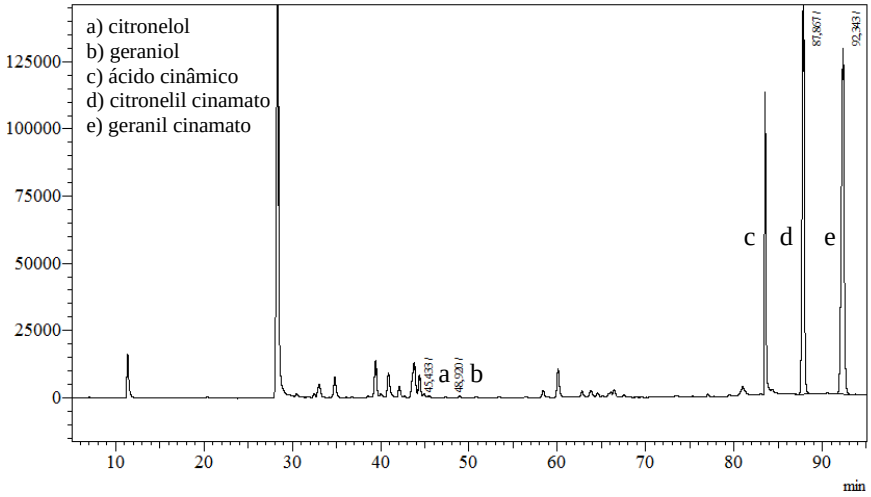


Figura 4. Cromatograma para a reação de 52 horas utilizando a enzima NS 88011

Quando comparando o cromatograma da mistura reacional com os cromatogramas das reações de esterificação percebe-se a formação de dois novos picos nos tempos 87,8 e 92,3 minutos, sendo que esses picos correspondem aos produtos citronelil e geranil cinamato, respectivamente.

É visível também a diminuição dos picos dos substratos citronelol e geraniol, nos tempos 45 e 49 minutos, respectivamente. Os valores das áreas dos substratos e dos produtos são mostrados nas Tabelas 1 e 2, que foram usadas como base para a determinação da conversão dos substratos em produtos.

Tabela 1. Representação do consumo dos substratos e produção de ésteres para reação conduzida com enzima Novozym 435 como biocatalisadora num tempo de 48 horas

Tempo de retenção (min)	Composto	Área mistura reacional	Área após reação
45,0	Citronelol	1563809	4067
49,0	Geraniol	1871930	9717
87,8	Citronelil cinamato	0	2356017
92,3	Geranil cinamato	0	2656564

Tabela 2. Representação do consumo dos substratos e produção de ésteres para reação conduzida com enzima NS 88011 como biocatalisadora num tempo de 52 horas

Tempo de retenção (min)	Composto	Área mistura reacional	Área após reação
45,4	Citronelol	1723768	2587
49,0	Geraniol	2140073	2800
87,9	Citronelil cinamato	0	2575235
92,3	Geranil cinamato	0	2862942

Com os dados das Tabelas 1 e 2 e utilizando a Equação 1 determinou-se a taxa de conversão dos substratos em ésteres. Sendo que, para a reação de 48 horas, empregando a enzima Novozym 435, obteve-se conversão de 98,0% de citronelol e 99,0% de geraniol. Já, para a reação de 52 horas, utilizando a enzima NS 88011, obteve-se conversão de 98,6% de citronelol e 99,4% de geraniol. Pode-se perceber que a taxa de conversão foi semelhante, apresentando diferença somente no tempo reacional.

Os resultados encontram-se próximos aos obtidos por Paroul (2011) em estudo de esterificação de óleo essencial de citronela para produção de citronelil e geranil oleatos, que obteve uma conversão de 98,9% para o citronelol e 82,5% para o geraniol, nas condições de 60°C, razão molar 1:1 (óleo:ácido) e 10% (m/m) de enzima Novozym 435 num tempo de 6 horas de reação. Nestas mesmas condições Paroul (2011) obteve também os melhores resultados para produção de citronelil e geranil propionatos, alcançando conversão de 92,9% para citronelol e 96,5% para geraniol.

Zanetti *et al.* (2016), em estudo de produção de geranil cinamato por reação catalisada pela enzima NS 88011, obtiveram uma conversão de 75,85% em éster em duas horas de reação, utilizando temperatura igual a 70°C, razão molar 3:1 (geraniol:ácido) e 15% (m/m) de enzima.

Quando comparados os resultados do presente trabalho com os dados de Paroul (2011) e Zanetti *et al.* (2016), percebe-se que no presente estudo o tempo ótimo para a conversão foi superior. No entanto, a taxa de conversão obtida neste estudo se mostrou superior.

Pode-se concluir, com o presente estudo, que a reação de esterificação enzimática utilizando óleo essencial de citronela (*C. winterianus*) e ácido cinâmico, para produção de ésteres citronelil e geranil cinamatos, apresenta uma maior conversão em 48 horas, quando aplicada a enzima Novozym 435, sendo esta de 98% para citronelil cinamato e 99% para geranil cinamato. Já, quando utilizada a enzima NS 88011, o tempo ótimo para a conversão foi de 52 horas, obtendo taxa de conversão igual a 98,6% para citronelil cinamato e 99,4% para geranil cinamato. Vê-se esse resultado como satisfatório, devido a alta taxa de conversão, no entanto, outros estudos devem ser realizados com o objetivo de otimizar essa produção.

4. REFERÊNCIAS

Almeida, R.N., *et al*., 2004. "Anxiolytic-like effects of rose oil inhalation on the elevated plus-maze test in rats". *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, vol. 77, p. 361-364.

Almeida, R.N., Navarro, D.S. e Barbosa Filho, J.M., 2001. "Plants with central analgesic activity". *Phytomedicine*, vol. 8, p. 310-322.

Burt, S., 2004. "Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods— a review". *International Journal of Food Microbiology*, vol. 94, p. 223-253.

Coelho, M.A.Z., Salgado, A.M. e Ribeiro, B.D., 2008. *Tecnologia enzimática*. FAPERJ/EPUB, Rio de Janeiro/Petrópolis.

Kheradmand, K., Noori, S.A.S. e Sabahi, G.H., 2010. "Repellent Effects of Essential Oil from *Simmondasia chinensis* (Link) against *Oryzaephilus surinamensis* Linnaeus and *Callosobruchus maculates* (Fabricius)". *Research Journal of Agricultural Sciences,* vol. 1, n. 2, p. 66-68.

Paranagama, P.A. e Gunasekera, J.J., 2011. "The efficacy of the essential oils of Sri Lankan *Cinnamomum zeylanicum* fruit and *Micromelum minutum* leaf against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera:Bruchidae)". *Journal of Essential Oil Research,* vol. 23, p. 75-82.

Paroul, N., 2011. *Síntese enzimática de ésteres aromatizantes a partir de diferentes substratos em sistema livre de solvente orgânico*.Tese de Doutorado, Universidade de Caxias do Sul, Brasil.

Souza, R., 2016. *Avaliação de sistemas reacionais e ampliação de escala para a síntese enzimática de cinamato de geranila e suas propriedades antimicrobianas*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Teixeira, B., *et al.,* 2013. "Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils". *Industrial Crops and Products,* vol. 43, p. 587-595.

Zanetti, M., *et al.*, 2016. "Synthesis of geranyl cinnamate by lipase catalyzed reaction and its evaluation as an antimicrobial agent". *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, vol. 92, p. 115-121.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS, CNPq, CAPES e URI pela concessão de bolsas e/ou apoio financeiro.

6. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO BROMATOLÓGICA DA CASCA DE ARROZ SUBMETIDA A TRATAMENTO COM CELULASE COMERCIAL

Amito José Teixeira
Rogério Luis Cansian
Geciane Toniazzo Backes
Antonio Sergio Do Amaral
Jardes Bragagnolo
Paulo Sérgio Gomes Da Rocha
Vanderlei Carlos Veigel
Jakson Alexandre May
Luam José Bampi
Tailan Antonio Ogimbovski

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

Emails: amito@uricer.edu.com, cansian@uricer.edu.br, gtoniazzo@uricer.edu.br, asamaral@uricer.edu.br, jardes@uricer.edu.br, rocha@uricer.edu.br, vandeveigel@hotmail.com, jaksonmay@hotmail.com, luamjbampi@hotmail.com, tailan@uricer.edu.br

Resumo. *O Brasil dispõe de uma grande variedade de resíduos agrícolas e agroindustriais cujo bioprocessamento é de grande interesse econômico e social. Muitos desses resíduos têm potencial nutricional, principalmente na formulação de dietas para os ruminantes que são capazes de aproveitar volumosos de baixa qualidade de maneira eficiente, em virtude da síntese e secreção de enzimas celulolíticas e hemicelulolíticas pelos micro-organismos do rúmen. Entretanto, o processo de digestão da forragem pode ser consideravelmente incompleto. Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar a ação de celulases comerciais na hidrólise de casca de soja, casca de arroz visando melhorar sua digestibilidade. Para tanto, maximizou-se a hidrólise em diferentes condições de temperatura e agitação e avaliou-se o efeito das enzimas na composição bromatológica dos resíduos tratados e não tratados enzimaticamente. Os melhor tempo de hidrólise com celulase comercial foi de 10 horas. O efeito da temperatura e agitação na hidrólise dos substratos foi avaliado por planejamento experimental 2^2, e a agitação apresentou efeito significativo positivo ($p<0,05$) na hidrólise da casca de arroz. Foi avaliada a influência isolada da agitação na hidrólise da casca de arroz resultando em maiores percentuais de hidrólise, ecom 300 rpm (11,61%). Comparando os resultados bromatológicos da casca de arroz antes e depois do tratamento enzimático, foi observada melhora nos parâmetros fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, nutrientes digestíveis totais e extrativos não nitrogenados com celulase comercial.*

Palavras-Chave: *Enzima, ruminante, digestibilidade.*

1. INTRODUÇÃO

Segundo Lima & Rodrigues (2007), com a associação dos diferentes tipos de polímeros que compõem a matéria vegetal (celulose, hemicelulose e lignina), o grau de cristalinidade e o empacotamento provocado pela estrutura complexa da lignina, gera-se um material de estrutura rígida e muito resistente ao ataque enzimático, dessa forma a degradação da celulose na natureza ocorre lentamente a partir das extremidades susceptíveis. No entanto, complexos enzimáticos produzidos por vários micro-organismos têm se demonstrado capazes de catalisar a hidrólise da celulose, tanto cristalina quanto amorfa, em açúcares de baixa massa molecular como a glicose e celobiose (MARTINS, 2005).

Segundo Mussatto et al. (2008) as enzimas celulases são a mistura de várias enzimas que atuam sinergicamente, dentre as quais pelo menos três grandes grupos estão envolvidos nos mecanismos de hidrólise da cadeia de celulose: as endoglucanases, que agem nas regiões de baixa cristalinidade da fibra, gerando cadeias livres; as exoglucanases, que removem unidades de celobiose a partir das extremidades livres da cadeia e as glucosidases, que hidrolisam a celobiose à glicose. As celulases têm uso extremamente difundido, como aplicações na produção de alimentos, ração animal, em processos de extração de óleos vegetais, maceração de frutas e na fabricação de cervejas e vinhos (ALMEIDA, 2012). As celulases são as enzimas que mais se destacam no processo hidrolítico, pois a celulose representa cerca de 40% da biomassa lignocelulósica (NISHIDA et al., 2013).

Resíduos lignocelulósicos agroindustriais, como a casca de arroz são fontes renováveis, abundantes e de baixo valor econômico, disponíveis para a biotransformação em produtos com valor agregado (MONTIPÓ et al., 2013).

A casca de arroz é um resíduo abundante em termos de Brasil, sendo ele o segundo maior produtor mundial de arroz. O estado do Rio Grande do Sul em especial é o maior produtor de arroz do Brasil, sendo responsável por cerca de 50% de toda a produção brasileira (HICKERT, 2010).

Com base no exposto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a ação de enzimas na hidrólise de casca de arroz, e para tanto, se estabeleceu os objetivos específicos a seguir:

- Otimizar a hidrólise pelo estudo de diferentes condições de temperaturas e agitação;
- Caracterizar os substratos *in natura* e os substratos hidrolisados enzimaticamente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com celulase comercial produzida por *Aspergillus niger* (Sigma – Aldrich®).

O substrato utilizado na hidrólise empregando celulase comercial foi a casca de arroz, obtida de uma indústria de parboilização de arroz (Josapar Pelotas, RS).

A sacarificação enzimática d a casca de arroz sem nenhum tratamento foi realizada como descrita por Liu et al. (2011). Os ensaios foram realizados em frascos erlenmeyers nos quais, 2 gramas de SPM foi adicionado em 100mL da mistura reacional, 5 mL do extrato enzimático comercial (celulase com atividade de 6,35 $U.g^{-1}$) e 95mL de tampão citrato de sódio 0,05 M, pH 5,0. As reações foram realizadas em agitador orbital a 150 rpm e 37°C. A liberação de açúcares redutores (AR) na hidrólise foram estimados usando o método do DNS (ácido dinitrosalicílico) (MILLER, 1959). A fim de avaliar o efeito da temperatura e agitação na hidrólise da casca de arroz realizou-se um planejamento fatorial 2^2 (Delineamento Central Composto Rotacional - DCCR), incluindo 4 ensaios fatoriais e 3 repetições no ponto central, totalizando 7 ensaios. As variáveis independentes foram: temperatura (°C, X_1) e agitação (rpm, X_2). A variável tempo reacional foi mantida fixa, conforme os melhores resultados alcançados no primeiro experimento. A variável dependente foi o percentual de hidrólise (%) da casca de arroz empregando celulase comercial.

Para a quantificação dos açúcares redutores (AR), adicionou-se 0,5 mL das amostras a serem quantificadas em 0,5 mL de DNS. Os tubos de ensaio foram mantidos em um banho a 95°C por 5 minutos. As amostras foram então resfriadas imediatamente pela imersão dos tubos em um banho de gelo fundente, adicionando-se em seguida 8 mL da solução estabilizante de tartarato de sódio e potássio tetrahidratado. Os tubos foram agitados e as leituras da absorbância, efetuadas no espectrofotômetro a 540 Ωm. Para determinar a concentração dos AR em cada uma das amostras analisadas utilizou-se a curva-padrão de glicose. O controle consistiu de SPM sem extrato enzimático. O percentual de sacarificação foi calculado conforme a Equação 1 usada por Garcia-Aparicio et al. (2007).

$$Sacarificação\ (\%) = \frac{AL\ x\ 0{,}9\ x\ 100}{P}$$

sendo que:

AL = açúcar liberado (AR líquido da amostra em mg) convertido pela equação da reta da curva padrão de glicose.

0,9 = fator de correção para compensar adição de uma molécula de água durante a hidrólise.

P = polissacarídeos no substrato lignocelulósico (mg amostra x percentual de celulose e hemicelulose).

Quanto aos polissacarídeos presentes na SPM considerou-se o valor de 0,600 para casca de arroz (KRISHNANI et al. 2008)).

Os resultados obtidos nos planejamentos fatoriais foram tratados estatisticamente segundo metodologia de planejamentos de experimentos, com auxilio do software Statistica versão 5.0, com nível de significância de 95 % de confiança. Para validação dos modelos foi utilizada a análise de variância, verificando-se o coeficiente de correlação (R) e a amplitude de grandeza do F calculado em relação ao F tabelado ($p<0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 INFLUÊNCIA DO TEMPO

A Tabela 1 apresenta os resultados da cinética de hidrólise de casca de arroz, empregando a enzima celulase comercial.

Verifica-se que o melhor resultado da hidrólise (%) foi observado em 10 horas.

Tabela 1 - Percentual de hidrólise da casca de arroz em diferentes tempos, empregando celulase comercial.

Tempo (h)	Casca de Arroz	Tempo (h)	Casca de Arroz
0,1	$2,99^{e} \pm 0,13$	**8**	$6,30^{b} \pm 0,07$
2	$4,04^{d} \pm 0,04$	**10**	$7,60^{a} \pm 0,14$
4	$4,20^{d} \pm 0,04$	**12**	$6,39^{b} \pm 0,31$
6	$5,96^{bc} \pm 0,21$		

As médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

3.2 EFEITO DA TEMPERATURA E AGITAÇÃO

Visando maximizar a hidrólise (%) da casca de arroz empregando-se celulase comercial, avaliou-se os efeitos da temperatura e da agitação, empregando-se um planejamento fatorial completo 2^2 (Tabela 2).

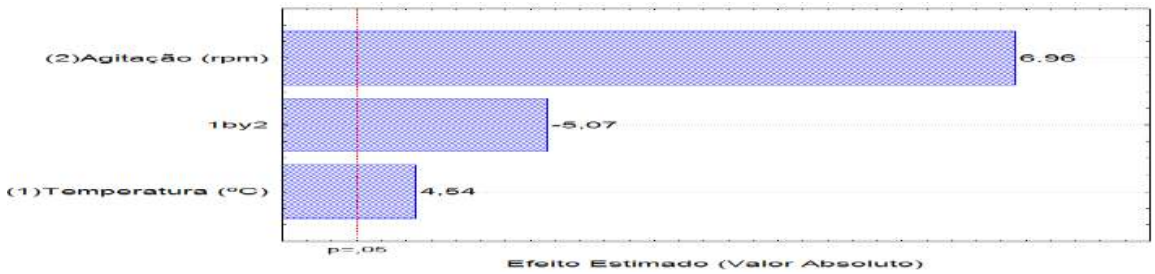
Tabela 2 - Matriz do planejamento fatorial 2^2 (valores reais e codificados) para a hidrólise de casca de arroz com aplicação de celulase comercial em diferentes temperaturas e agitações.

	Variáveis Independentes*		
Ensaios	**Temperatura (ºC)**	**Agitação (rpm)**	**Hidrólise de CA (%)**
1	29 (-1)	100 (-1)	6,35
2	29 (-1)	200 (1)	10,87
3	45 (1)	100 (-1)	9,96
4	45 (1)	200 (1)	10,67
5	37 (0)	150 (0)	6,90
6	37 (0)	150 (0)	6,94
7	37 (0)	150 (0)	6,27

**Variáveis independentes fixas: tempo de reação 10 h para casca de arroz, quantidade de enzima: 5 mL (diluição 1:50).

Os melhores resultados de hidrólise foram obtidos em temperatura de 29 ºC e agitação de 200 rpm. Os resultados da Tabela 2, foram tratados estatisticamente e a Figura 1 apresenta o gráfico de Pareto, que demonstra os efeitos estimados das variáveis estudadas para a hidrólise de casca de arroz.

Figura 1 - Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento fatorial 2^2 completo para a hidrólise de casca de arroz com celulase comercial.



Verifica-se que a agitação e temperatura apresentaram efeito significativo positivo ($p<0,05$) o que significa que um aumento na agitação e temperatura, possivelmente ocasionará um aumento na hidrólise da casca de arroz.

De acordo com as observações dos resultados apresentados na figura 1 foi realizado um novo planejamento 2^2 completo com as variáveis temperatura e agitação deslocadas para o nível +1 (Tabela 3).

Tabela 3 - Matriz do planejamento fatorial 2^2 completo (valores reais e codificados) para a hidrólise de casca de arroz com celulase comercial em diferentes temperaturas e agitações.

Ensaios	**Variáveis Independentes***		**Hidrólise de CA (%)**
	Temperatura (ºC)	**Agitação (rpm)**	
1	37 (-1)	150 (-1)	5,80
2	37 (-1)	250 (1)	9,45
3	53 (1)	150 (-1)	8,05
4	53 (1)	250 (1)	11,50
5	33,7 (-1,41)	150 (0)	7,80
6	56,3 (1,41)	150 (0)	8,70
7	45 (0)	129,5 (-1,41)	5,90
8	45 (0)	270,5 (1,41)	9,55
9	45 (0)	200 (0)	10,10
10	45 (0)	200 (0)	10,30
11	45 (0)	200 (0)	10,00

*Variáveis independentes fixas: tempo de reação 10 h, quantidade de enzima: 5 mL (diluição 1:50).

A máxima percentagem de hidrólise (11,50 %) de casca de arroz foi observada no ensaio 4 à 53 ºC e 250 rpm, seguida das hidrólises obtidas nos ensaios do ponto central (9, 10 e 11) (Tabela 3) com valores de aproximadamente 10 %, em uma temperatura de 45 ºC e agitação de 200 rpm, durante 10 horas de reação com uma diluição de 1:50.

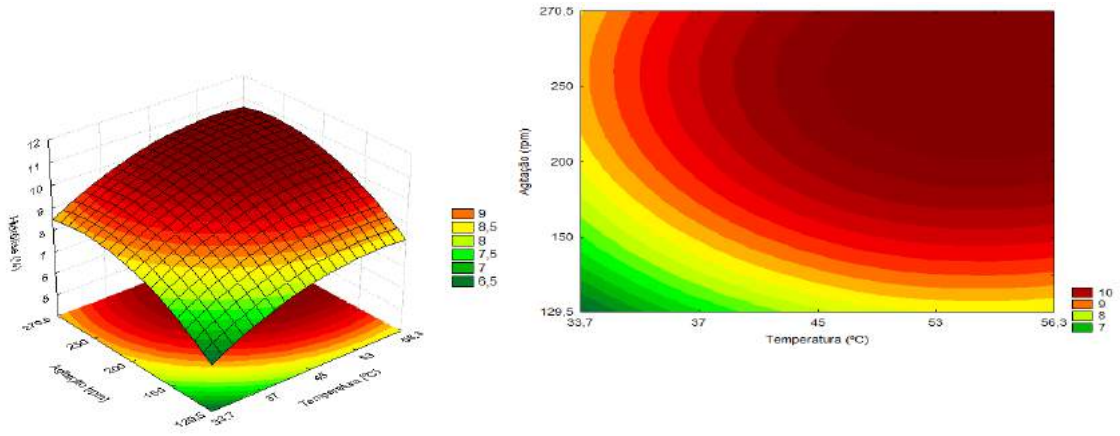
A Equação 2 apresenta o modelo codificado de segunda ordem, que descreve a hidrólise de casca de arroz em função das variáveis analisadas (temperatura e agitação), dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, onde obteve-se um coeficiente de correlação R^2 de 0,83 e o F calculado 1,66 vezes maior que o valor tabelado, os quais permitiram a construção das superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 2.

$$\text{Hidrólise (\%)} = 10{,}13 + 1{,}05.X_1 - 0{,}76.X_1^2 + 1{,}18.X_2 - 1{,}03.X_2^2$$

Onde: Hidrólise (%) = hidrólise de casca de arroz (%); X_1= Temperatura (°C); X_2= Agitação (rpm).

A Figura 2 demonstra que os maiores percentuais de hidrólise de casca de arroz ocorrem com as maiores temperaturas e agitações avaliadas, em 10 horas de reação e diluição de 1:50.

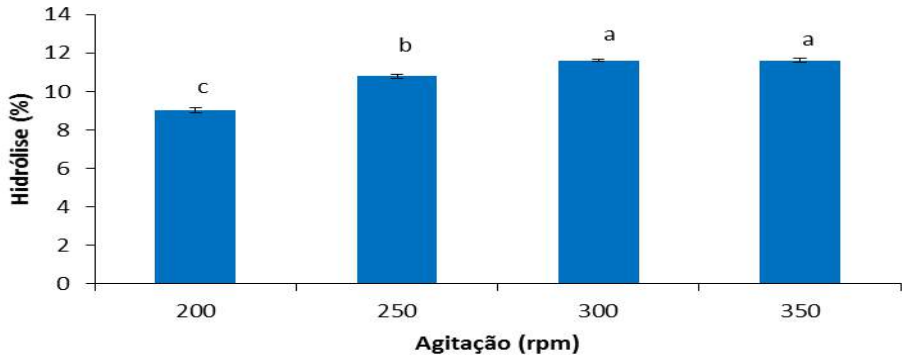
Figura 2 - Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) para a hidrólise da casca de arroz com celulase comercial em função da temperatura e agitação.



(a) (b)

Considerando que temperaturas acima de 56,3°C (+1,41) no caso da casca de arroz podem ser limitantes para a enzima celulase comercial, foram realizados testes em triplicata, variando apenas a agitação (200 a 350 rpm) com temperatura fixa em 45°C. (Figura 3).

Figura 3 - Influência da agitação na hidrólise de casca de arroz com celulase comercial.



*Variáveis independentes fixas: tempo de reação 10 h, temperatura 45ºC, quantidade de enzima: 5 mL (diluição 1:50). Letras diferentes indicam diferença significatva pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

De acordo com os resultados (Figura 10), observa-se que a agitação teve efeito significativo para hidrólise de casca de arroz, alcançando-se os maiores percentuais de hidrólise em 300 rpm (11,61%), permanecendo estável com 350 rpm.

Aguiar (2010) observou comportamento similar da atividade enzimática para três resíduos (bagaço de cana, palha de milho e palha de trigo), a qual aumentou gradativamente até a temperatura de 50ºC, com 0,340 U/mL, 0,536 U/mL e 0,469 U/mL para , respectivamente, caindo drasticamente, nas temperaturas de 60 a 80ºC. O aumento da atividade enzimática se deve a ativação da enzima pela temperatura (SHULER & KARGI, 1992), na qual os átomos adquirem muita energia e grande tendência a se moverem. Após este período ocorre a desnaturação ou desativação térmica causada pelo rompimento das fracas interações que mantém unida a estrutura globular da proteína (BAILEY & OLLIS, 1986).

3.3.CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS ANTES E APÓS A HIDRÓLISE ENZIMÁTICA

Com a finalidade de avaliar a composição centesimal da casca de arroz antes e após o emprego da enzima celulase comercial, efetuou-se a determinação da fibra em detergente neutro (FDN g/100 g (bs)), fibra em detergente ácido (FDA g/100 g (bs)), nutrientes digestíveis totais (NDT g/100 g (bs)) e extrativos não-nitrogenados (ENN g/100 g (bs)). Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

As análises bromatológicas apontaram que a fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) reduziram com o emprego da enzima celulase comercial. Tal resultado é considerado positivo, pois quanto menor o percentual de FDN, que é a fração nutricional correspondente a soma de hemicelulose, celulose e lignina, melhor é o valor nutricional do alimento.

Tabela 4 - Composição centesimal da casca de arroz antes e após o emprego da enzima celulase comercial.

TRATAMENTO	FDN g/100 g (bs)	%	FDA g/100 g (bs)	%	NDT g/100 g (bs)	%	ENN g/100 g (bs)	%
CA	**92,62**		**70,48**		**19,21**		**28,13**	
CA + CC	65,14	(29,67)	38,64	(45,18)	31,11	61,94	47,7	69,57

O emprego da enzima celulase comercial reduziu aa FDN e a FDA, destacando-se o resultado alcançado com a enzima celulase comercial (CC).

Mertens (1992) e Resende et al. (1995) observaram que a fibra em detergente neutro é o melhor indicador para a estimativa do potencial de consumo dos alimentos em animais ruminantes, querendo dizer que o menor percentual de FDN, aumenta o consumo dos alimentos.

Os resultados da análise bromatologica demonstram que o emprego da enzima celulase comercial melhorou os percentuais de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de extrativos não nitrogenados (ENN) da casca de arroz.

O NDT (nutrientes digestíveis totais) é um dos modos mais empregados de expressão de energia para avaliação de alimentos na nutrição de ruminantes. Muitos componentes químicos são relacionados à concentração de energia

disponível, sendo que os constituintes comumente avaliados são: proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, fibra em detergente neutro digestível (corrigida para cinzas e proteína) e carboidratos não fibrosos digestíveis (Rocha Junior et al., 2003).

Segundo Teixeira (2003), cerca de 75% da energia provém dos carboidratos, sendo que, para os herbívoros, 25% são extrativos não nitrogenados e o restante fibra bruta. Os extrativos não nitrogenados da dieta são constituídos pelos açúcares e amido dos alimentos.

4. CONCLUSÕES

Considerando a hidrólise de casca de arroz empregando celulase comercial, conclui-se que:

Os maiores percentuais de hidrólise em agitação de 300 rpm revelam importância da agitação para a eficiência da hidrólise da casca de soja e casca de arroz.

- Os resultados bromatológicos da casca de arroz tratada enzimáticamente, apontaram melhoria nos parâmetros fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, nutrientes digestíveis totais e extrativos não nitrogenados com celulase comercial.

5. REFERÊNCIAS

Aguiar, C.M.. Hidrólise enzimática de resíduoa lignocelulósicos utilizando celulases produzidas pelo fungo *Aspergillus niger*. 2010. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, PR, 2010. Disponível (on line) http://200.201.88.199/portalpos/media/File/caroline.pdf. (12 de maio de 2016)

Almeida, M.C.O.. Indução de Celulase e Xilanase por *Trichoderma reesei* e *Penicillium variabile* em Cultivo em Estado Sólido a partir de Substratos Lignocelulósicos. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC. 2012. Disponível (on line) https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/100563. Acesso em 28 de maio de 2016.

BAILEY, J. M; OLLIS, D.F., Biochemical Engineering Fundamental. Nova York: Mc Graw Hill Itnl Editions, Ed. 2, p. 928, 1986.

Garcia-Aparicio, M.P.; Ballesteros, M.; Manzanares, P.; Ballesteros, I.; Gonzalez, A.; Negro, M.J.. Xylanase contribution to the efficiency of cellulose enzymatic hydrolysis of barley straw. Applied Biochemistry and Biotechnology; 136–140:353–365, 2007.

Hickert, L.R.. Otimização da hidrólise da casca de arroz (Oryza sativa) e a avaliação da capacidade de bioconversão deste hidrolisado a etanol e xilitol por leveduras. Dissertação (Mestrado em Microbiologia e do Ambiente). UFRGS, 2010.

Krishnani, K.K, Meng, X., Christodulatos, C., Boddu, V.M.. Biosorption mechanism of nine different heavy metals onto biomatrix from Rice husk. Journal of Hazardous Materials, v. 153, p.1222-1234, 2008.

Lima, A.O.S.; Rodrigues, A.L. Sacarificação de resíduos celululósicos com bactérias recombinantes como estratégia para redução do efeito estufa. Revista de ciências ambientais. v.1, n. 2, p. 5-18, 2007.

Liu, J.; Lu, J.; Cui, Z.. Enzymatic hydrolysis of cellulose in a membrane bioreactor: assessment of operating conditions. Bioprocess and Biosystems Engineering, v. 34, p. 525-532, 2011.

Martins, L.F. Caracterização do complexo celulásico de *Penicillium echinulatum*. 111f. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005.

Mertens, D.R., Broderick, G.A.; Simons, R. Efficacy of carbohydrate sources for improving utilization of N in alfalfa silage. Journal of Dairy Science, v. 77(Suppl. 1), p.240 (Abstr.).1992.

Miller, G.L.. Use of dinitrosalisylic acid reagent for determination of reducin sugar. Analytical Chemistry, v.31, p. 426 - 428, 1959.

Montipó. S.; Pedroso, G.B.; Bevilaqua, D.B. Brenner, C.G.B. Martins, A.F.. Bioconversão de hidrolisado da casca de arroz a Ácido Láctico. II WSPI – Workshop em Sistemas e processos industriais, Santa cruz do Sul, RS, (Disponível on line) http://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/wspi/article/view/10843. (06 de junho de 2015)

Mussatto, S.I.; Fernandes, M.; Milagres, A.M.F.; Roberto, I.C.. Effect of hemicellulose and lignin on enzymatic hydrolysis of cellulose from brewer's spent grain. Enzyme and Microbial Technology, v. 43, n. 2, p. 124-129, 2008

Nishida, V.S., Oliveira, R.F., Souza, C.G.M., Inácio, F.D., Peralta, R.M.. Produção de β-glicosidases por Aspergillus sp. em cultivo em estado sólido. BBR – Biochemistry and Biotechnology Reports, ISSN: 2316-5200, v. 2, nº 3, p. 368-371, 2013.

Resende, J.T.V.; Cardoso M.G.; Maluf, W.R.; Santos, C.D.; Gonçalves, L.D.; Resende, L.V.; Naves, F.O.. 2002. Método colorimétrico para quantificação de acilaçúcar em genótipos de tomateiro. Ciência e Agrotecnologia 26: 1204-1208.

Rocha Junior, V.R.; Valarares Filho, S.C.; Borges, A.M.; Detmann, E.; Magalhães, K.A.; Valadares, R.F.D.; Gonçalves, L.C.; Cecon, P.R. Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das 23 equações propostas pelo NRC (2001). Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.32, n.2, p.480-490, 2003.

Shuler, M.L.; Kargi, F., Bioprocess Engineering – Basic Concepts. Prentice Hall Int. Series in the Physical and Chemical Engineering Sciences. New Jersey, 1992.

Teixeira, A.S. Alimentos e alimentação dos animais. Vol. I. 5.ed. Lavras: UFLA/Faepe,. 241 p. 2003.

6. RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo texto incluido neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

APLICAÇÃO DE CELULASES NA HIDRÓLISE DE CASCA DE ARROZ SUBMETIDA A MOAGEM E TRATAMENTO ALCALINO

Amito José Teixeira
Rogério Luis Cansian
Geciane Toniazzo Backes
Antonio Sergio Do Amaral
Jardes Bragagnolo
Paulo Sérgio Gomes Da Rocha
Vanderlei Carlos Veigel
Jakson Alexandre May
Luam José Bampi
Tailan Antonio Ogimbovski

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

Emails: amito@uricer.edu.com; cansian@uricer.edu.br; gtoniazzo@uricer.edu.br; asamaral@uricer.edu.br*; jardes@uricer.edu.br; rocha@uricer.edu.br; vandeveigel*@hotmail.com; jaksonmay@hotmail.com; luamjbampi@hotmail.com; tailan@uricer.edu.br

R**esumo.** *O Brasil dispõe de uma grande variedade de resíduos agrícolas e agroindustriais cujo bioprocessamento seria de grande interesse econômico e social. Dentre estes, figuram os de unidades de produção agrícola geradoras de resíduos de culturas como a casca de arroz e a casca de soja. Muitos desses resíduos têm potencial nutricional, principalmente na formulação de dietas para os ruminantes que são capazes de aproveitar volumosos de baixa qualidade de maneira eficiente, em virtude da síntese e secreção de enzimas celulolíticas e hemicelulolíticas pelos micro-organismos do rúmen. Entretanto, o processo de digestão da forragem pode ser consideravelmente incompleto. Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar a ação de celulases comerciais na hidrólise de casca de arroz visando melhorar sua digestibilidade. Para tanto, fez-se o pre tratamento da casca de arroz por meio de moagem e diferentes concentrações de NaOH. A moagem isoladamente não melhorou a hidrólise da casca de soja, empregando-se a enzima celulase comercial. Porém, quando a moagem foi associada ao pré tratamento com NaOH a hidrólise foi incrementada de maneira importante.*

Palavras-Chave: *Enzimas, materiais lignocelulósicos, ruminantes; hidrólise, digestibilidade.*

1. INTRODUÇÃO

Os materiais lignocelulósicos, na forma de biomassas, representam a maior fonte de carboidratos naturais do mundo. Os mesmos são constituídos de fibras de celulose envolvidas em uma matriz amorfa, que atua na estrutura como uma barreira natural ao ataque de microrganismos e/ou enzimas, tornando esses materiais estruturalmente rígidos e pouco reativos (Gouveia et al., 2009).

Fatores relacionados à estrutura e composição da planta, como as interações físico-químicas entre a matriz de hemicelulose e lignina, e aspectos relacionados ao animal, como a mastigação, salivação e pH ruminal, podem limitar a digestão no rúmen, por se constituírem barreiras aos processos fibrolíticos (Martins et al., 2006).

Vários estudos apontam que enzimas fibrolíticas podem agir diretamente sobre a fibra (Feng et al., 1996) ou aumentar a degradação da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN) no rúmen (Feng et al., 1996, Hristov et al., 2000). Conforme Mcallister et al. (2001), essas ações estariam associadas, de forma que as alterações mediadas pelas enzimas antes do consumo refletiriam nas digestões ruminal e pós-ruminal dos nutrientes, aumentando a produção de leite ou o ganho de peso dos bovinos (Beauchemin et al., 1995).

Os materiais lignocelulósicos não contêm monossacarídeos prontamente disponíveis para a bioconversão. São compostos formados por polissacarídeos, como celulose e hemicelulose, que precisam ser hidrolisados por ácidos ou enzimas, a açúcares fermentáveis (Martín et al., 2007).

Para obtenção rápida da hidrólise enzimática da biomassa com um rendimento alto de açúcares (tanto hexoses como pentoses), as duas principais camadas de proteção em torno da celulose – hemicelulose e lignina – precisam ser removidas ou alteradas sem que haja degradação dos açúcares da hemicelulose (Öhgren et al., 2007).

Segundo Mussatto et al. (2008) as celulases são a mistura de várias enzimas que atuam sinergicamente, dentre as quais pelo menos três grandes grupos estão envolvidos nos mecanismos de hidrólise da cadeia de celulose: as endoglucanases, que agem nas regiões de baixa cristalinidade da fibra, gerando cadeias livres; as exoglucanases, que removem unidades de celobiose a partir das extremidades livres da cadeia e as glucosidases, que hidrolisam a celobiose à glicose. As celulases são as enzimas que mais se destacam no processo hidrolítico, pois a celulose representa cerca de 40% da biomassa lignocelulósica (Nishida et al., 2013).

Bali et al. (2015) demonstrou recentemente através da comparação de vários tipos de pré-tratamento de Populus samples que o maior aumento na acessibilidade de celulose foi com solução diluída de NaOH. Conforme os mesmos autores, em comparação com outras tecnologias de pré-tratamento químico alcalino, a hidrólise pode ser conduzida à temperatura e pressão mais baixa causando menos degradação do açúcar do que o pré-tratamento ácido, mas os tempos de reação podem demorar várias horas ou dias, ou mesmo semanas para fibra longa (Bali et al., 2015).

A casca de arroz pode ser matéria prima promissora para ser utilizada na alimentação de ruminantes, devido à sua alta produção de biomassa e a disponibilidade de oligossacarídeos. Estratégias para superar a recalcitrância desses materiais lignocelulósicos, incluem a aplicação de condições de pré-tratamento ideal e desenvolvimento de cocktail de enzimas adaptado à matéria-prima e a estratégia de pré-tratamento.

A nosso conhecimento, não há estudos publicados sobre os a aplicação de enzimas celulases comerciais em casca de arroz visando melhorar a composição bromatológica.

Com base no exposto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a ação de enzimas celulases comerciais na hidrólise de casca de arroz moida e/ou pre tratada com NaOH.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 SUBSTRATO E ENZIMA UTILIZADOS NA HIDRÓLISE

A casca de arroz foi estocada à temperatura ambiente.

As enzimas celulases comerciais utilizadas neste estudo foram: celulase produzida por *Aspergillus niger* (Sigma–Aldrich®).

2.2 AVALIAÇÃO DA HIDRÓLISE DA CASCA DE ARROZ

A sacarificação enzimática dos substratos sem nenhum tratamento prévio foi realizada como descrita por Liu et al. (2011), com algumas modificações. Os ensaios foram realizados com 2 g de casca de arroz que foi autoclavado por 15 min a 121 ºC. Posteriormente adicionou-se a cada um dos substratos, separadamente,100 mL da mistura reacional, contendo 95 mL de tampão citrato de sódio 0,05 M em pH 5,0 e 5 mL do extrato enzimático comercial (celulase com atividade de 6,35 $U.g^{-1}$). As reações foram realizadas inicialmente em agitador orbital a 150 rpm e 37°C por período de até 14 horas. Inicialmente, para a celulase comercial, foi utilizada uma diluição de 1:100 (m/v) em tampão citrato em pH 5,0. A liberação de açúcares redutores totais (ART) na hidrólise foram estimados usando o método do DNS (ácido dinitrosalicílico) (Miller, 1959).

O percentual de sacarificação foi calculado conforme a Equação 1 (Garcia-Aparicio et al., 2007).

$$Sacarificação\ (\%) = \frac{AL\ x\ 0{,}9\ x\ 100}{p}$$

sendo que:

AL = açúcar liberado (curva padrão de glicose para celulase ou curva padrão do acido galacturônico para pectinase).

0,9 = fator de correção.

P = polissacarídeos no substrato lignocelulósico (0,600 para casca de arroz) (Krishnani et al. 2008)).

2.3 EFEITO DE PRÉ-TRATAMENTOS NA HIDRÓLISE DA CASCA DE ARROZ

2.3.1 Efeito da Granulometria

Com a finalidade de avaliar se o aumento da área de superfície dos resíduos influencia a atividade da enzima, a CA foi moída em moinho do tipo martelo da marca Marconi, modelo MA 048, com peneiras de 0,5, 1,0 e 1,5 mm, antes do tratamento enzimático empregando celulase comercial.

2.3.2 Efeito do Pré-tratamento Alcalino

O efeito do pré-tratamento alcalino da casca de arroz na hidrólise com celulase comercial foi avaliado com tratamento empregando hidróxido de sódio comercial a 1, 3 e 5% a 100 ºC por 30, 60 e 90 minutos. Os materiais recuperados após a fervura foram lavados com água destilada corrente, e após secos em estufa a 60 ºC até recuperarem a umidade inicial do resíduo.

2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos referentes ao efeito do tempo e diluição da enzima foram tratados estatisticamente pela Análise de Variância (ANOVA) e a comparação entre as diferenças das médias (triplicata de cada ensaio) pelo teste de Tukey com auxílio do software *Statistica* versão 5.0, com nível de significância de 95 % de confiança.

Os resultados obtidos no planejamento fatorial foram tratados estatisticamente segundo metodologia de planejamentos de experimentos, com auxilio do software *Statistica* versão 5.0, com nível de significância de 95 % de confiança. Para validação dos modelos foi utilizada a análise de variância, verificando-se o coeficiente de correlação (R) e a amplitude de grandeza do F calculado em relação ao F tabelado ($p<0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 EFEITO DE PRÉ-TRATAMENTOS NA HIDRÓLISE DA CASCA DE ARROZ

3.1.1 Efeito da Granulometria

A Tabela 1 apresenta o efeito da moagem na hidrólise da casca de arroz em diferentes granulometrias, empregando-se a enzima celulase comercial. As variáveis tempo reacional, diluição das enzimas, temperatura e agitação foram mantidas fixas conforme os melhores resultados obtidos em análises anteriores com a enzima celulase comercial.

Tabela 1 - Hidrólise da casca de arroz, moída em diferentes granulometrias, aplicando-se a enzima celulase comercial.

	CA	
Granulometria (mm)	Média	%
5 a 10	$11,54^{c} \pm 1,12$	0
1,5	$11,36^{c} \pm 1,10$	-1,53
1,0	$12,34^{b} \pm 1,02$	6,99
0,5	$12,69^{a} \pm 0,98$	9,96

Variáveis independentes fixas: temperatura: 45 ºC, quantidade de enzima: 5 mL (diluição 1:50). Casca de arroz: tempo de reação: 10 h, agitação: 300 rpm. Letras diferentes na coluna, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Mesmo apresentando uma pequena melhora no percentual de hidrólise com as menores granulometrias, o tratamento físico, isoladamente, não produziu efeito positivo significativo na hidrólise da casca de arroz. Como a operação de moagem é um processo que envolve custos, os resultados alcançados indicam que não se justifica realizá-la isoladamente antes da hidrólise enzimática empregando celulase comercial.

Baudel (2006) menciona que os métodos físicos para realização de pré-tratamento consistem na redução do tamanho das partículas da biomassa, fazendo com que a superfície específica da celulose torne-se mais desenvolvida, de modo que a hidrólise da mesma possa ocorrer mais facilmente. Conforme o autor, a redução das partículas, em muitos casos, não é suficiente para que as etapas posteriores, de hidrólise enzimática e fermentação, sejam eficazes.

3.1.2 Efeito do Pré-tratamento Alcalino

Para avaliar os efeitos do pré-tratamento alcalino com NaOH (1, 3 e 5%) em temperatura de 100ºC, por 30 a 90 minutos na hidrólise de casca de arroz (sem pré-tratamento físico), com enzima celulase comercial empregou-se um planejamento fatorial 2^2 (Tabela 2).

Tabela 2 - Matriz do planejamento fatorial 2^2 (valores reais e codificados) para a hidrólise de casca de arroz com celulase comercial sob efeito de pré-tratamento com NaOH (1 a 5 %) em temperatura de 100 ºC, por 30 a 90 minutos.

Ensaios	Variáveis Independentes*		Hidrólise CA (%)
	NaOH (%)	Tempo (min)	
1	1(-1)	30 (-1)	12,66
2	1(-1)	90 (1)	12,54
3	3 (1)	30 (-1)	13,16
4	3 (1)	90 (1)	13,23
5	5 (0)	60 (0)	13,19
6	5 (0)	60 (0)	13,19
7	5 (0)	60 (0)	13,20

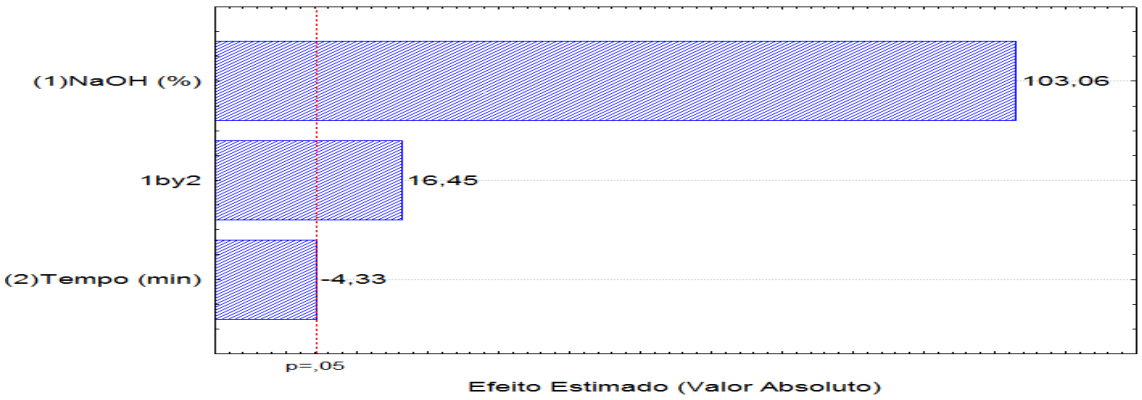
Variáveis independentes fixas temperatura: 45 ºC, quantidade de enzima: 5 mL (diluição 1:50). Casca de arroz: Tempo de reação: 10 h, agitação: 300 rpm.

Pode-se observar que o tratamento alcalino, isoladamente, promoveu pequena melhoria no percentual de hidrólise de casca de arroz, quando empregou-se a enzima celulase comercial. O maior percentual de hidrólise da casca de arroz pré tratada com NaOH, empregando celulase comercial foi observado no ensaio 4 com 13,23 com o emprego de 3% de NaOH, 100 ºC e 90 minutos.

Fasanella (2008) verificou que o bagaço de cana tratado com solução de NaOH 4% causou poucas mudanças na área superficial e na quebra das fibras. Está condição vem ao encontro dos resultados alcançados com as menores concentrações de NaOH deste trabalho que não diferiram dos ensaios sem pré-tratamento.

A Figura 1 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis estudadas para a hidrólise de casca de arroz com pré tratamento com NaOH por 30 a 90 minutos em temperatura de 100 ºC, empregando celulase comercial.

Figura 1 - Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas no planejamento fatorial 2^2 para a hidrólise de casca de arroz com celulase comercial com pré tratamento com NaOH (1 a 5 %) em temperatura de 100 ºC, por 30 a 90 minutos.



Verifica-se que a concentração de NaOH apresentou efeito significativo positivo ($p<0,05$), indicando que um aumento na concentração de NaOH possivelmente ocasionará um aumento na hidrólise da casca de arroz.

Segundo D'Almeida, (1988) durante o tratamento com hidróxido de sódio os produtos das reações acídicas dos carboidratos consomem a maior parte do álcali do licor de cozimento. É possível assim, que a quantidade presente de hidróxido de sódio nos ensaios foi insuficiente para a neutralização dos ácidos (grupos acetil) gerados durante o processo e a deslignificação da biomassa.

3.1.3 Efeito combinado da granulometria e pré-tratamento alcalino na hidrólise de resíduos lignocelulósicos

Na Tabela 3, estão apresentados os valores de hidrólise da casca de arroz sem prévio tratamento ou moída em granulometria de 0,5 mm e tratada com NaOH (3, 5, 7,5 e 10%) em temperatura de 100ºC por 90 minutos, aplicando-se as enzimas celulase e pectinase comercial.

Tabela 3 - Hidrólise da casca de arroz sem pré-tratamento e moídos em granulometria de 0,5 mm, tratados com NaOH (3, 5, 7,5 e 10%) em temperatura de 100ºC por 90 minutos, aplicando-se as enzimas celulase e pectinase comercial.

Pré-tratamento	**Casca de Arroz**
	Celulase
	Hidrólise (%)
Sem pré-tratamento	$12,69^{c} \pm 0,98$
3% de NaOH	$13,54^{b} \pm 0,65$
5% de NaOH	$14,03^{b} \pm 1,20$
7,5% de NaOH	$20,43^{a} \pm 1,68$
10% de NaOH	$20,36^{a} \pm 1,64$

*Variáveis independentes fixas temperatura: 45ºC, quantidade de enzima: 5 mL (diluição 1:50 para celulase). Tempo de reação: 10 h, agitação: 300 rpm.
Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95 % de probabilidade de erro.

Ao se comparar os resultados de hidrólise alcançados com a casca de arroz sem pré-tratamento com NaOH, o resíduo submetido à pré-tratamento apresentou hidrólise superior, mesmo que tenham sido recuperados, após o pré-tratamento, 61,58 % do material tratado com NaOH 7,5%. O pré-tratamento é o primeiro passo necessário para quebrar a estrutura cristalina da biomassa lignocelulósica e permitir o ataque das celulases a celulose visando a conversão eficiente de lignocelulose em energia (FARRELL et al, 2006).

Segundo Rabelo (2007), o pré-tratamento resulta na ampliação da área superficial interna das partículas do substrato, realizada através da solubilização e/ou pela degradação parcial da hemicelulose e da lignina. Isto leva ao fracionamento dos três componentes e promovendo à abertura da estrutura da celulose.

Analisando-se os resultados deste trabalho, pode-se observar que o tratamento alcalino associado a moagem dos resíduos em 0,5 mm, promoveu melhoria no percentual de hidrólise da casca de arroz, quando empregou-se a enzima celulase comercial.

Conforme Gupta (2008), a degradação de carboidratos é um grande problema que afeta o rendimento da hidrólise enzimática. Ferreira et al. (2006), citados por Fasanella (2008), citam que o tratamento com hidróxido de sódio retira parcialmente a lignina e solubiliza a hemicelulose. O trabalho de Mendes et al. (2011) avaliou o efeito do tratamento alcalino na deslignificação do bagaço de cana para a subsequente sacarificação enzimática. O uso de tratamento alcalino (NaOH) promoveu remoção de 33% da lignina inicial, e de 13% da hemicelulose. O rendimento de hidrólise obtido foi da ordem de 50%, alcançado na hidrólise do substrato pré-tratado em condições alcalinas.

Nascimento (2011) reporta que usando pré-tratamento com NaOH na faixa de 1-7%, na condição de 7% NaOH por 30 minutos, ocorreu a maior deslignificação, resultando em torno de 5% de lignina na biomassa, o maior teor de celulose em torno de 38% e a menor perda de celulose em torno de 2%, garantindo assim um alto conteúdo acessível de celulose para a degradação enzimática, com uma conversão em torno de 75,5% de hidrólise do bagaço de cana. Os resultados de Nascimento (2011) foram superiores aos encontrados neste trabalho que necessitou de 7,5 % de NaOH para alcançar os maiores níveis de hidrólise dos substratos avaliados.

Conforme Pitarelo (2007) a celulose amorfa, por causa da sua maior área superficial, é mais suscetível à hidrólise enzimática. No trabalho realizado por Jeya et al. (2009) foi realizada a sacarificação da casca de arroz pré-tratada com álcali (NaOH) com o uso de celulases produzidas por uma cepa de Trametes hirsuta. A composição química do material pré-tratado era de de 52,2% de celulose, 18% hemicelulose e 9,8% de lignina. Um estudo inicial da hidrólise foi realizado com uma concentração de 20 FPU de celulases por grama de casca de arroz pré-tratada, a uma temperatura de 37°C e em pH 5,0. Nessas condições foi alcançado um rendimento de açúcares redutores de 70 %, em 48 horas.

Os rendimentos de sacarificação, obtidos neste trabalho com celulases comerciais, foram inferiores aos obtidos por Jeya et al. (2009), para casca de arroz. Contudo, apesar dos altos rendimentos de hidrólise evidenciados com uso de celulases produzidas por T. hirsuta, elevada carga de enzimas foi necessária na sacarificação do substrato. Assim, uma comparação dos rendimentos de hidrólise obtidos com celulases de T. hirsuta e com celulases comerciais (por exemplo, de *Aspergilus niger*) só pode ser realizada em experimentos de hidrólises com parâmetros similares de reação.

4. CONCLUSÕES

Considerando a hidrólise de casca de arroz empregando celulase comercial, conclui-se que:

- Os maiores valores de hidrólise com a enzima celulase comercial foram obtidos quando utilizou-se a diluição de 1:50 (m:v enzima:água) para todos os substratos, apontando que as maiores concentrações de enzima geram hidrólise mais eficiente.

- Os maiores valores de hidrólise foram observados quando empregou-se celulases comerciais a 45ºC. Os maiores percentuais de hidrólise em agitação de 300 rpm revelam importância da agitação para a eficiência da hidrólise da casca de arroz.

- A moagem isoladamente não melhorou a hidrólise dos substratos lignocelulósicos. Porém, quando a moagem foi associada ao pré tratamento com NaOH a hidrólise foi incrementada de maneira importante.

5. REFERÊNCIAS

Beauchemin, K.A.; Rode, L.M.; Sewalt, V.J.H.. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. Canadian Journal Animal Science, v. 75, p. 641-644, 1995.

Bali, G., Meng, X., Deneff, J.I., Sun, Q., Ragauskas, A.J., 2015. The effect of alkaline pretreatment methods on cellulose structure and accessibility. ChemSusChem 8(2), 275–279.

Chang, V.S.; Nagwani, M.; Holtzapple, M.T. Lime pretreatment of crop residues bagasse and wheat straw. Applied Biochemistry and Biotechnology, Chemistry, v. 74, p. 1271, 2002.

D'almeida, M.L.O. Composição química dos materiais lignocelulósicos. In. Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica. 2. Ed. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológica do estado de São Paulo, 1988, v. 1, p. 45-106.

Fasanella, C.C. Ação das enzimas ligninolíticas produzidas Aspergillus niger e Penicillium sp. em bagaço de cana-de-açúcar tratado quimicamente. 79p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. Disponível (on line) http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11138/tde-10022009-082433/pt-br.php. (12 de maio de 2017)

Farrell, A.E., Plevin R.J., Turner B.T., Jones A.D, O'hare M., Kammen D.M. Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals. Science 311:506-508. 2006.

Feng, P.; Hunt, C.W.; Pritchard, G.T.; Julien, W.E.. Effect of enzyme preparations on in situ and in vivo additives degradation and in vivo digestive characteristic of mature cool-season grass forage in beef steers. Journal of Animal Science, v. 74(6), P. 1349-1357, 1996.

Garcia-Aparicio, M.P.; Ballesteros, M.; Manzanares, P.; Ballesteros, I.; Gonzalez, A.; Negro, M.J.. Xylanase contribution to the efficiency of cellulose enzymatic hydrolysis of barley straw. Applied Biochemistry and Biotechnology; 136–140:353–365, 2007.

Gouveia, E.R.; Nascimento, R. T.; Souto-Maior, A. M. Validação de metodologia para a caracterização química de bagaço de cana-de-açúcar. Química Nova, vol.32, N°.6, 1500-1503, 2009.

Gupta, R. Alkaline pretreatment. of biomass for etanol production and Understanding the factors influencing the celulose hydrolysis.

Hristov, A.N.; Mcallister, T.A.; CHENG, K.J.. Intraruminal supplementation with increasing levels of exogenous polisaccharide-degrading enzymes: effects on nutrient digestion in cattle feed barley grain diets. Journal of Animal Science, v.78, p.477- 487, 2000.

Jeya, M.; Zhang, Y.M.; Kim, I.W.; Lee, J.K. Enhanced saccharification of alkali-treated rice straw by cellulase from *Trametes hirsuta* and statistical optimization of hydrolysis conditions by RSM. Bioresource Technology, v. 100, p. 5155-5161, 2009.

Krishnani, K.K, Meng, X., Christodulatos, C., Boddu, V.M.. Biosorption mechanism of nine different heavy metals onto biomatrix from Rice husk. Journal of Hazardous Materials, v. 153, p.1222-1234, 2008.

Liu, J.; Lu, J.; Cui, Z.. Enzymatic hydrolysis of cellulose in a membrane bioreactor: assessment of operating conditions. Bioprocess and Biosystems Engineering, v. 34, p. 525-532, 2011.

Martins, S.A.; Vieira, F.P.; Berchielli, T.T.; Do Prado, I.N.; Canesin, R.C.; Setti, M.C. Taxa de passagem e parâmetros ruminais em bovinos suplementados com enzimas fibrolíticas. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, n. 03, suppl. 0, p. 1-11, 2006.

Mcallister, T.A.; HRISTOV, A.N.; BEAUCHEMIN, K.A.. Enzymes in ruminant diets. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. Enzymes in farm animal nutrition. Oxon: Cab International, cap 11, p.273-298, 2001.

Mendes, F.M. Siqueira, G.; Carvalho, W. Ferraz, A. Milagres, A. M.F.. Enzymatic hydrolysis of chemithermomecanically pretreated sugarcane bagasse and two experimental samples with reduced initial lignina content. Biotechnology Progress, v. 27, p. 395-401, 2011.

Miller, G.L.. Use of dinitrosalisylic acid reagent for determination of reducin sugar. Analytical Chemistry, v.31, p. 426 - 428, 1959.

Mussatto, S.I.; Fernandes, M.; Milagres, A.M.F.; Roberto, I.C.. Effect of hemicellulose and lignin on enzymatic hydrolysis of cellulose from brewer's spent grain. Enzyme and Microbial Technology, v. 43, n. 2, p. 124-129, 2008.

Nascimento, V.M. Pré-tratamento alcalino (NaOH) do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de etanol e obtenção de xilooligômeros. Dissertação de mestrado, UFSCar, São Carlos – São Paulo. 2011.

Nishida, V.S., Oliveira, R.F., Souza, C.G.M., Inácio, F.D., Peralta, R.M.. Produção de β-glicosidases por Aspergillus sp. em cultivo em estado sólido. BBR – Biochemistry and Biotechnology Reports, ISSN: 2316-5200, v. 2, nº 3, p. 368-371, 2013.

Ohgren, K., Bergtsson, O., Grauslund, G., Galbe, M., Hahn—Hargedal, B, Zacchi G. Simultaneous saccharification and co-fermentation of glucose and xylose in steam-pretreated corn stover at high fiber content with *Saccharomyces cerevisiae* TMB3400. Journal of biotechnology. 2006.

Pitarelo, A.P. Avaliação da susceptibilidade do bagaço e da palha de canadeaçúcar bioconversão via prétratamento a vapor e hidrólise enzimática.

Rabelo, S.C. Avaliação de desempenho do pré-tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino para a hidrólise enzimática de bagaço de cana-de-açúcar. Campinas: Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, 2007. Dissertação (Mestrado). Disponível (on line) http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000418358. (14 de maio de 2016)

Soest,P.J. Van. Nutritional ecology of the ruminant. Corvallis: O e B Books, 374p. 1982.

6. RESPONSABILIDADE

Os autores se responsabilizam pelo rtexto incluido neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

BIOATIVIDADE DE EXTRATOS DE FOLHA DE OLIVEIRA (*OLEA EUROPAEA)* EXTRAÍDOS COMSOLVENTE LÍQUIDO PRESSURIZADO

Andréia Dalla Rosa
Universidade Regional Integrada, Campus de Erechim, 1621 – CEP :99700-000– Erechim – RS – Brasil, Telefone: (54)3520-9000, Fax: (54) 35209090
Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia – CEP: 89700-000 – Concórdia – SC – Brasil, Telefone: (49)3441-4800
e-mail: andreia.rosa@ifc.edu.br

Geciane Toniazzo Backes
Eunice Valduga
Rogério Luis Cansian
Universidade Regional Integrada, Campus de Erechim, 1621 – CEP: 99700-000– Erechim – RS – Brasil, Telefone: (54)35209000– Fax: (54) 3520-9090
e-mail:gtoniazzo@uricer.edu.br; veunice@uri.com.br; cansian@uri.com.br

Elton Franceschi
Universidade Tiradentes – UNIT – Avenida Murilo Dantas, 300 – CEP 49032-490 - Farolândia - Aracaju – SE - Brasil.
email: franceschi.elton@gmail.com

Resumo. *O objetivo deste trabalho foi avaliar a bioatividadede extratos obtidos em extração com líquido pressurizado (PLE) de folha de oliveira (Olea europaea). A extração foi conduzida isobaricamente (10,3 MPa), variando a temperatura (20, 40 e 60ºC) e o solvente (acetato de etila, acetona, etanol, etanol:água (80:20, v:v).A melhor condição para a concentração de compostos fenólicos totais (386,42 mg GAE.g^{-1} de extrato), flavonoides totais (33 43 mg CAT.g^{-1} extrato), potencial antioxidante (IC_{50} de 0,5 mg.mL^{-1}) e oleuropeína (73,65 mg.g^{-1} de extrato) foi a 10,3 MPa, 60° C e etanol como solvente.*

Palavras- chaves: *PLE, compostos fenólicos, flavonoides, DPPH.*

1. INTRODUÇÃO

O método da PLE baseia-se na utilização de solventes submetidos a altas pressões e temperaturas, abaixo dos seus pontos críticos, de modo que o estado líquido do solvente é mantido durante a totalidade da extração (Herrero et al., 2013).

Nestas condições, a PLE tem sido utilizada na extração de vários compostos bioativos e nutracêuticos, tais como os flavonóides, antocianinas, polifenóis e vários compostos antioxidantes a partir de matrizes naturais como plantas, frutas, vegetais e micro-organismos, com proporções de princípios ativos maiores em comparação com outros métodos de extração, além da redução do tempo de extração (Azmir et al., 2013; Guinda, et al., 2015; Hu et al., 2011; Machado et al., 2015; Osório-Tobón e Meireles, 2013).

A extração de compostos de folhas de oliveira tem recebido atenção especial de pesquisadores para a extração de compostos fenólicos polares utilizando solventes polares como etanol, água e misturas hidro etanólicas por serem reconhecido como seguro – *generally recognized as safe - GRAS.* Além destes solventes o uso de acetona e acetato de etila também é relatado, mas com menor interesse assim como os compostos apolares (Machado et al., 2015; Tsimidou e Papoti, 2010).

No cultivo da oliveira, a etapa de colheita e poda gera um volume considerável de biomassa em forma de folhas e ramos, sendo considerados como subprodutos ou resíduos agroindustriais. Exemplificando, na Espanha são gerados ao ano cerca de 6 milhões de toneladas de biomassa, a maioria dos quais sendo imediatamente destruídas para evitar pragas nos olivais e eliminar dificuldades adicionais no manejo agrícola (Guinda et al., 2015; Abaza, et al., 2015; Bouaziz e Sayadi, 2005).

Além de ser um vegetal abundante em biomassa, a folha de oliveira contém vários compostos fenólicos, secoiridóides e flavonoides, que têm forte atividade antioxidante, entre outros benefícios relatados na literatura (Rahmanian, Jafari e Wani, 2015), tais como atividade antimicrobiana, antiviral, anti-inflamatórios e anti carcinogênica (Taamalli et al., 2012), auxiliando no tratamento de várias patologias como AIDS, câncer, distúrbios neuro degenerativo, hipertensão, diabetes, estresse oxidativo entre outros (Talhaoui et al., 2016; Lee et al., 2009).

Desta forma, a obtenção de compostos bioativos com líquido pressurizado da folha de oliveira é uma alternativa interessante, pois permite extrações com uso de temperaturas e pressões mais altas, mantendo o solvente sempre abaixo do seu ponto crítico e no estado líquido, reduzindo a viscosidade e a tensão superficial do solvente, tornando os tempos de extração mais curtos e eficientes, além do pressuposto da seletividade do composto alvo baseado na solubilidade do mesmo no solvente, considerando que semelhante dissolve semelhante (Solana et al., 2016; Osorio-Tobón e Meireles, 2013; Mustafa e Tuner, 2011).

Neste contexto, oobjetivo deste trabalho foi avaliar a bioatividadede extratos obtidos com solvente líquido pressurizado de folhas de oliveiras (*Olea europaea*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A obtenção dos extratos com solvente líquido pressurizado ocorreu em coluna de extração descrita em estudos anteriores por Rodriguez et al., 2014. A coluna de extração foi empacota com aproximadamente 0,021 kg de folhas de oliveira, com pressurização estática prévia de 15 min com o solvente em estudo e em fluxo dinâmico de 2 $mL.mim^{-1}$ por 110 min. As extrações foram realizadas em condições isobáricas (10,3 MPa) (Moret e Conte, 2014), variando a temperatura (20, 40 e 60ºC) e o solvente (acetato de etila, acetona, etanol, etanol:água (80:20, v:v). Os extratos obtidos foram submetidos a análise de atividade antioxidante pela técnica de 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) descrita por Brand-Williams et al., (1995) e a concentração de extrato necessária para capturar 50 % do radical livre DPPH (IC_{50}) foi calculada por análise de regressão linear (Silvestri et al., 2010) após a construção de curva de calibração do referido extrato. Os fenólicos totais foram determinados seguindo a metodologia proposta por Singleton et al., (1999), flavonoides totais sendo determinado de acordo metodologia descrita por Zhishen et al., (1999) e quantificação da oleuropeína por análise cromatográfica seguindo a metodologia descrita por Al-Rimawi (2014). Os dados foram submetidos à avaliação estatística empregando-se a análise de variância (ANOVA) seguida das diferenças entre as médias pelo teste de *Tukey*, utilizando o Software *Statistica* versão 5.0 (Stat SoftInc®, USA) com nível de significância de 95 %.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tab. 1 apresenta os resultados de atividade antioxidante, flavonoides, fenólicos totais e teor de oleuropeína das extrações com líquido pressurizado na pressão de 10.3 MPa, utilizando diferentes solventes (acetato de etila, acetona, etanol absoluto, etanol:água - 80:20, v:v). Todas as extrações foram conduzidas nas temperaturas de 20, 40 e 60ºC.

Tabela 1. Atividade antioxidante (Aa), teores de flavonoides, FT e oleuropeína dos extratos da folha de oliveira obtidos por PLE.

Tratamento	Aa (%)	Aa [ ] de extrato IC_{50}	Flavonóides (Eqmg de Catequina.g^{-1} de extrato)	Fenólicos (Eqmg de Ác. Gálico.g^{-1} de extrato)	Oleuropeína (mg.g^{-1} de extrato)
Acetato Etila 20ºC	$20,86^{h}$±0,85	$1,89^{d}$±0,16	$28,28^{b}$ ±0,71	$27,76^{g,h}$±1,43	23,24
Acetato Etila 40ºC	$22,74^{h}$±0,90	$2,16^{d}$±0,21	$17,44^{f}$±0,11	$17,12^{h}$±1,79	19,88
Acetato Etila 60ºC	$23,71^{h}$±1,36	$1,80^{d}$±0,29	$21,47^{d}$±0,50	$49,69^{g}$±3,60	29,05
Acetona 20ºC	$28,57^{g}$±1,42	$1,26^{c}$±0,04	$8,86^{i}$±0,34	$79,74^{f}$±4,37	34,35
Acetona 40ºC	$31,42^{g}$±1,11	$1,13^{b;c}$±0,06	$10,71^{h}$±0,61	$91,67^{f}$±2,98	33,86
Acetona 60ºC	$39,72^{f}$±1,20	$0,84^{a;b}$±0,10	$15,99^{f,g}$±0,40	$140,79^{e}$±1,43	38,26
Etanol 20ºC	$47,26^{e}$±2,16	$0,83^{a;b}$±0,05	$23,98^{c}$±0,30	$259,55^{c}$±6,24	50,88
Etanol 40ºC	$56,97^{c;d}$±3,14	$0,80^{a;b}$±0,08	$24,12^{c}$±1,05	$251,44^{c}$±8,26	55,08
Etanol 60ºC	$82,87^{a}$±1,30	$0,50^{a}$±0,05	$33,43^{a}$±0,20	$386,42^{a}$±0,83	73,65
Etanol:água 20ºC	$56,48^{d}$±1,60	$0,82^{a;b}$±0,02	$14,80^{g}$±0,86	$195,15^{d}$±8,71	34,61
Etanol: água 40ºC	$61,16^{c}$±0,87	$0,72^{a}$±0,11	$19,36^{e}$±0,40	$256,69^{c}$±7,97	37,17
Etanol: água 60ºC	$70,71^{b}$±1,02	$0,54^{a}$±0,03	$22,07^{d}$±0,70	$300,57^{b}$±6,07	43,92

✦Letras iguais na mesma coluna indica não haver diferença significativa ($p<0,05$); Condições fixas de extração: 10,3 MPa, pressurização estática prévia de 15 min, granulometria da folha de 1 -3 mm e fluxo do solvente de 2 $mL.min^{-1}$.

Conforme pode ser observado na Tab.1 para as extrações com PLE, ao utilizar etanol a 60ºC, foram obtidos os melhores resultados em relação à atividade antioxidante em porcentagem e IC_{50} (82,87 % e 0,50) respectivamente, flavonoides (33,43 mg CAT.g^{-1} de extrato), teores de FT (386,42 mg GAE.g^{-1} de extrato) e oleuropeína

(73,65 mg OLE.g^{-1} de extrato), quando comparado aos extratos obtidos empregando os solventes etanol:água (80:20, v:v), acetona e acetato de etila, diferindo estatisticamente ($p<0,05$).

Estes resultados estão de acordo com os estudos realizados por Brahmi et al., (2015) e Brahmi et al., (2012), a qual utilizam os solventes hexano, clorofórmio, acetato de etila e metanol e LEE et al. (2009), que utilizam hexano, clorofórmio, acetato de etila, água, etanol 80% e butanol, onde há uma diminuição no teor de FT e flavonoides quando solventes mais apolares são utilizados na extração ou fracionamento destes compostos em folha de oliveira.

Lafka et al. (2013) também obtiveram os melhores teores de FT usando como solvente o etanol, seguido da mistura etanol: água (1:1v:v), metanol, n-propanol, isopropanol e acetato de etila.

Segundo Osorio-Tobón e Meireles (2013) e Brahmi et al., (2012), a polaridade do solvente deve ser semelhante ou próxima daquela do composto alvo e as diferenças na polaridade dos solventes de extração podem resultar numa ampla variação no conteúdo polifenólico do extrato, indicando que a maioria dos compostos fenólicos do presente estudo seja composta por fenólicos polares devido aos maiores teores de FT obtidos nos solvente polar etanol, seguido dos solvente hidro alcoólico, acetona e acetato e etila.

A literatura reporta que em geral, quanto maior a temperatura e mais polar for o solvente, menor é a seletividade da extração em função da variedade de compostos extraídos, além de citar a baixa solubilidade dos polifenóis em água, justificando a maior bioatividade do extrato alcoólico em relação ao hidro alcoólico (Rahmanian, Jafari e Wani, 2015; Moret et al., 2014).

Os resultados apresentados para bioatividade em extração com solventes orgânicos e PLE em folhas de oliveira podem ser considerados relevantes quando comparados a outros estudos empregando diferentes condições e/ou métodos de extração. Difonzo et al. (2017), obtiveram teores de FT de 139 a 151 mg GAE g^{-1}, utilizando água e misturas hidro alcoólica com extração sob agitação e ultrassom, Xie et al., (2015), conseguiram teores de FT de 245,2 mg GAE.g^{-1} empregando extração com ultrassom e pressão reduzida a 50ºC e 75 % de etanol. Abaza et al. (2011) alcançaram teores de FT de 16,52 a 24,93 mg GAE.g^{-1}e flavonoides 6,23 a 21,47 mg CE.g^{-1} de extrato utilizando extração por maceração a temperatura ambiente, pressão atmosférica e diferentes solventes.

Assim como o teor de FT e flavonoides, a atividade antioxidante dos extratos obtidos com etanol e 60ºC na PLE, diferiu significativamente ($p <0,05$) dos demais extratos, indicando a maior Aa de 82,87 %, seguido do extrato etanol:água (80:20, v:v) a 60ºC com Aa de 70,71 %. As menores atividades no presente estudo foram observadas nos extratos obtidos com acetato de etila (20,86 a 23,71 %) e acetona (28,57 a 39,72 %).

Comportamento similar foi observado por Lafka et al. (2013) onde obtiveram maior Aa nos extratos de folha de oliveira com etanol (55 %), metanol (46,2 %), seguido pela mistura etanol:água (40,9 %), isopropanol (32,8 %), acetato de etila (22,5 %) e n-propanol com 18,8 % de Aa.

A extração com PLE se destaca pelo menor consumo de solvente e maior capacidade de extração, pois os teores de oleuropeína foram considerados elevados (19,88 a 73,65 mg OLE.g^{-1} de extrato, Tab. 1) quando comparado ao estudo de Lee et al., 2009 empregando a técnica de extração com refluxo, seguido do fracionamento com etanol (80%), butanol e acetato de etila, obtendo concentrações de oleuropeína de 1,02, 1,527 e 1,733 mg Ole.g^{-1}extrato, respectivamente. Ferreira et al. (2007) obtiveram IC_{50}= 0,91 a 2,32 mg.mL^{-1} utilizando a técnica de extração *Soxhlet* com metanol como solvente e Hayes et al. (2011) obtiveram IC_{50}= 34,58 mg.mL^{-1} utilizando técnica convencional de extração.

4. CONCLUSÃO

A melhor condição para bioatividade de extratos de folhas de oliveira com PLE foi com o uso do solvente etanol a 60ºC com FT de 386,42 mg AG.g^{-1} de extrato, flavonoides de 33,43 mg CAT.g^{-1} de extrato, oleuropeína de 73,65 mg.g^{-1} de extrato e atividade antioxidante (IC_{50}) de 0,5 mg.mL^{-1}.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPq, FAPERGS, IFC e URI pelo apoio financeiro.

6. REFERENCIAS

Abaza, B.L., Youssef, N. Ben, Manai, H., Haddada, F.M., 2011. "Chétoui olive leaf extracts : influence of the solvent type on phenolics and antioxidant activities". *Food Chemistry*, Vol. 62, p. 96–104.

Abaza, L., Taamalli, A., Nsir, H., &Zarrouk, M., 2015. "Olive Tree (Olea europeae L.) Leaves: Importance and Advances in the Analysis of Phenolic Compounds". *Antioxidants*, Vol. 4, p. 682–698.

Al-Rimawi, F., 2013."Development and validation of a simple reversed-phase HPLC-UV method for determination of oleuropein in olive leaves".*Journal of Food and Drug Analysis*, Vol. 22, p. 285-289.

Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Omar, A. K. M., 2013."Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review". *Journal of Food Engineering*, Vol. 117, p. 426-436.

Bouaziz, M., &Sayadi, S., 2005."Isolation and evaluation of antioxidants from leaves of a Tunisian cultivar olive tree".*European Journal of Lipid Science and Technology*, Vol. 107, p. 497–504.

Brahmi, F., Mechri, B., Dabbou, S., Dhibi, M., Hammami, M., 2012. "The efficacy of phenolics compounds with different polarities as antioxidants from olive leaves depending on seasonal variations". *Industrial Crops Products*, Vol. 38, p. 146–152.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C., 1995."Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity".*LWT - Food Science and Technology*,Vol.28(1), p. 25–30.

Difonzo, G., Russo, A., Trani, A., Paradiso, V.M., Ranieri, M., Pasqualone, A., Summo, C., Tamma, G., Silletti, R., Caponio, F., 2017."Green extracts from Coratina olive cultivar leaves: Antioxidant characterization and biological activity". *JournalofFunctionalFoods*, Vol. 31, p. 63–70.

Ferreira, I. C. F. R., Barros, L., Soares, M. E., Bastos, M. L., e Pereira, J. A., 2007. "Antioxidant activity and phenolic contents of Olea europaea L. leaves sprayed with different copper formulations". *FoodChemistry*, Vol. 103(1), p.188–195.

Guinda, Á., Castellano, J.M., Santos-Lozano, J.M., Delgado-Hervás, T., Gutiérrez-Adánez, P., Rada, M., 2015. "Determinationof major bioactivecompoundsfromoliveleaf". *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 64, p. 431–438.

Hayes, J. E., Allen, P., Brunton, N., O'Grady, M. N., & Kerry, J. P.,2011. "Phenolic composition and in vitro antioxidant capacity of four commercial phytochemical products: Olive leaf extract (Olea europaea L.), lutein, sesamol and ellagic acid".*Food Chemistry*, Vol. 126(3), p. 948–955.

Herrero, M., Castro-Puyana, M., Mendiola, J. A., e Ibañez, E.,2013. "Compressed fluids for the extraction of bioactive compounds".*TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 43, p. 67-83.

Hu, J., Guo, Z., Glasius, M., Kristensen, K., Xiao, L., Xu, X., 2011."Pressurized liquid extraction of ginger (Zingiberofficinale Roscoe) with bioethanol: An efficient and sustainable approach".*Journal of Chromatography A* , Vol. 1218, p. 5765–5773.

Lafka, T.-I., Lazou, A., Sinanoglou, V., Lazos, E., 2013. "Phenolic Extracts from Wild Olive Leaves and Their Potential as Edible Oils Antioxidants". *Foods*, Vol. 2, p.18–31.

Lee, O. H., Lee, B. Y., Lee, J., Lee, H. B., Son, J. Y., Park, C. S., Kim, Y. C., 2009. "Assessment of phenolics-enriched extract and fractions of olive leaves and their antioxidant activities".*Bioresource Technology*, Vol. 100(23), p. 6107–6113.

Machado, A. P. D. F., Pasquel-Reátegui, J. L., Barbero, G. F., &Martínez, J., 2015."Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (*Rubusfruticosus L.*)residues: A comparison with conventional methods". *Food Research International*, Vol. 77, p. 675–683.

Moret,S e Conte,L.S., 2014. "Pressurized liquid extraction (PLE)". In: *IIcampione per l'analisichimicaTecniche innovative e applicazionineisettoriagroalimentare e ambientale. Itália*, Scienzaperta, Novate Milanese Itália, p. 53-80,

Moret, S., Scolaro, M., Barp, L., Purcaro, G., Sander, M., & Conte, L. S., 2014."Optimisation of pressurised liquid extraction (PLE) for rapid and efficient extraction of superficial and total mineral oil contamination from dry foods".*Food Chemistry*, Vol. 157, p. 470–475.

Mustafa, A., e Turner, C. 2011."Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review".*AnalyticaChimica Acta*, Vol. 703, p. 8-18.

Osório-Tobón, J. F. e Meireles, M. A. A., 2013. "Recent Applications of Pressurized Fluid Extraction: Curcuminoids Extraction with Pressurized Liquids". *Food and Public Health*, Vol. 3, p. 289-303.

Rahmanian, N., Jafari, S. M., e Wani, T. A., 2015."Bioactive profile, dehydration, extraction and application of the bioactive components of olive leaves".*Trends in Food Science & Technology*, Vol. 42(2), p. 150–172.

Rodrigues, L. M., Alcázar-Alay, S. C., Petenate, A. J., &Meireles, M. A. A., 2014."Bixin extraction from defatted annatto seeds".*ComptesRendusChimie*, Vol. 17(3), p. 268–283.

Silvestri, J. D. F.; Paraoul, N.; Czyewski, E.;Lerin, L.; Rotava, I.; Casian, R. L.; Mossi, A.; Toniazzo, G.; Oliveira, D.; Treichel, H., 2010. "Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata*Thunb.)". *Revista Ceres*,Vol. 57, n.5, p. 589-594.

Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R.M., 1998. "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent".*MethodsEnzymol*, Vol. 299, p. 152–178.

Solana, M. Boschiero, I. Dall'Acqua, As. Bertucco,A., 2015. "A comparison between supercritical fluid and pressurized liquid extraction methods for obtaining phenolic compounds from *Asparagus officinalis* L". *The Journal of Supercritical Fluids*, Vol. 100, p. 201-208.

Taamalli, A., Arráez-Román, D., Barrajón-Catalán, E., Ruiz-Torres, V., Pérez-Sánchez, A., Herrero, M., Ibañez, E., Micol, V., Zarrouk, M., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., 2012. "Use of advanced techniques for the extraction of phenolic compounds from Tunisian olive leaves: phenolic composition and cytotoxicity against human breast cancer cells". *Foodandchemicaltoxicology*., Vol. 50, p.1817–25.

Talhaoui, N., Vezza, T., Gómez-Caravaca, A.M., Fernández-Gutiérrez, A., Gálvez, J., Segura-Carretero, A., 2016. "Phenolic compounds and in vitro immunomodulatory properties of three Andalusian olive leaf extracts". J*ournal of Functional Foods*, Vol. 22, p. 270–277.

Tsimidou, M. Z., e Papoti, V. T., 2010. "Bioactive Ingredients in Olive Leaves". In *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention* p. 349–356

Xie, P.J., Huang, L.X., Zhang, C.H., You, F., Zhang, Y.L., 2015."Reduced pressure extraction of oleuropein from olive leaves (*Olea europaea L.*)with ultrasound assistance". *Food and Bioproducts Processing*, Vol. 93, p. 29–38.

Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W., 1999. "The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals". *FoodChemistry*, Vol.64, p. 555–559.

7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSIBILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso deste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO COM LÍQUIDO PRESSURIZADO DE FOLHA DE OLIVEIRA (*OLEA EUROPAEA)*

***Andréia Dalla Rosa**
Geciane Toniazzo Backes
Eunice Valduga
Universidade Regional Integrada, Campus de Erechim, 1621 – CEP :99700-000– Erechim – RS – Brasil, Telefone: (54)35209000– Fax: (54) 35209090
*Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia – CEP: 89700-000 – Concórdia – SC – Brasil, Telefone: (49) 34414800
e-mail: andreia.rosa@ifc.edu.br; gtoniazzo@uricer.edu.br; veunice@uri.com.br

Elton Franceschi
Universidade Tiradentes – UNIT – Avenida Murilo Dantas, 300 – CEP 49032-490 -Farolândia - Aracaju – SE.
email: franceschi.elton@gmail.com

Marcos L. Corazza
Universidade Federal do Paraná - Av. Coronel Francisco Heráclito dos Santos, 210, Departamento de Engenharia Química, Curitiba, PR, 81531-990, Brasil
email: corazza@ufpr.br

Resumo. *O objetivo deste trabalho foi avaliar a modelagem matemática de extrações com líquido pressurizado (PLE) de folha de oliveira (Olea europaea). Foram realizadas as cinéticas de transferência de massa com modelagem das curvas globais de extração utilizando os modelos Sovová e Pardo-Castaño. Ambos os modelos matemáticos utilizados (Sovová e Pardo-Castaño) foram capazes de se correlacionarem bem com os dados experimentais obtidos, indicando que a técnica de extração utilizada foi considerada adequada para a obtenção de extrato a partir de folhas de oliveira.*

Palavras- chaves: *Sovová, Pardo-Castaño, transferência de massa.*

1. INTRODUÇÃO

A modelagem matemática dos dados experimentais é uma tarefa comum no campo da engenharia e ciências aplicadas, que não deve ser uma mera ferramenta matemática, mas deve refletir a visão física decorrente do conhecimento da estrutura sólida e que possam reproduzir dados experimentais existentes e, a partir deles, ajustar parâmetros com os quais se possam simular processos de extração em outras escalas e condições operacionais (Huanga, Shi e Jiang, 2012).

A seleção do modelo matemático apropriado para descrever o processo de extração depende da distribuição inicial do soluto no interior do substrato sólido. Esta distribuição se dá de diferentes formas: as substâncias de interesse podem estar livres na superfície do material sólido, adsorvidas na superfície exterior, situadas dentro dos poros ou uniformemente distribuídas dentro das células vegetais (Reverchon e De Marco, 2006).

Sovová, (1994) descreve o fenômeno de transferência de massa na extração considerando que o soluto a ser extraído encontra-se dividido em duas frações: soluto facilmente acessível que está no exterior superfície das partículas ou em paredes celulares rompidas após um processo de pré-tratamento (por exemplo, moagem), representando assim a transferência de massa externa (mecanismo de convecção) e soluto de difícil acesso que é depositado no interior das células de plantas e representa a transferência de massa interna (mecanismo de difusão) e o modelo Pardo-Castaño é desenvolvido com base na Teoria de Brunauer-Emmett-Teller – BET (1938) da adsorção física de moléculas de gás sobre uma superfície sólida. Esta teoria prevê a adsorção física de moléculas de gás sobre uma superfície sólida em infinitas camadas e a ausência de interação entre as camadas adsorvidas. As equações obtidas pelo modelo de BET são capazes de representar de forma geral as isotermas experimentais e predizer os valores compatíveis médios para o calor de adsorção e o volume de gás necessário para completar a primeira camada de adsorção em um sólido (Brunauer, Emmett e Teller, 1938).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a modelagem matemática de extrações com líquido pressurizado (PLE) de folha de oliveira (*Olea europaea*), utilizando os modelos Sovová e Pardo-Castaño.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram aplicados dois modelos cinéticos, o modelo clássico Sovová (2005) e o modelo de cinética de extração baseado na teoria de Brunauer-Emmett-Teller (BET) de adsorção proposto por Pardo-Castano et al. (2015) com algumas modificações, tal como apresentado por Correa (2016), em que o modelo foi resolvido sem a contrapartida de baixa solubilidade do soluto na fase de solvente. Ambos os modelos foram comparados com os parâmetros estatísticos de desvio quadrático médio (Rmsd) Eq.(1) e o coeficiente de determinação (R^2).

$$Rmsd(x100) = 100\text{x}\sqrt{\sum_{i}^{NOBS}\frac{(\mathrm{y_i^{exp}} - \mathrm{y_i^{calc}})^2}{\mathrm{NOBS}}} \tag{1}$$

Onde NOBS representa o número de dados experimentais disponíveis, y_i^{exp} e y_i^{calc} são, respectivamente, o rendimento de extração experimental e o rendimento de extração previsto pelo modelo - rendimento expresso em massa (g) de extrato extraído por massa (g) de folha.

O modelo proposto por Sovová (1994), com fluidez do solvente na direção axial, em um extrator cilíndrico de leito fixo foi considerado homogêneo em relação ao tamanho das partículas (1-3 mm) e a distribuição inicial de soluto. Os principais parâmetros ponderados para o modelo são: a concentração de inicial do extrato no sólido, as propriedades do sistema (pressão, temperatura e vazão do solvente), a porosidade do leito, o coeficiente de transferência de massa externa e interna, a densidade da fase fluída e fase sólida. Com base nestas ponderações é possível admitir as seguintes equações para o modelo Sovová:

$$O = P + K \tag{2}$$

Onde a massa de soluto contida inicialmente na fase sólida (O) é a soma da massa de soluto facilmente acessível (P) com a massa de soluto inacessível no interior das partículas da fase sólida (K).

O balanço material para o processo é representado pelas Eq. (3) e (4), associadas às fases sólida e líquida, respectivamente.

$$\rho s(1-\varepsilon)\frac{\partial x}{\partial t} = J(x,y) \tag{3}$$

$$\rho\varepsilon\frac{\partial x}{\partial t} + \rho U\frac{\partial x}{\partial h} = J(x,y) \tag{4}$$

$$\rho U\frac{\partial x}{\partial h} = J(x,y) \tag{5}$$

Onde h é a distância axial ou comprimento do leito, ε é a porosidade do leito, ρs é a densidade da fase sólida, x é a fração mássica do extrato na fase sólida, $\rho\varepsilon$ é a densidade do fluido, y é a fração mássica de extrato no fluido e $J(x,y)$ é taxa de transferência de massa interfacial, t é o tempo.

O termo de acúmulo associado ao balanço na fase fluida da Eq. (4) ($\rho\varepsilon\frac{\partial x}{\partial t}$) é negligenciado para facilitar a resolução dos sistemas de equações, resultando na Eq. (5). Para o cálculo da taxa de transferência de massa, considera-se que o soluto facilmente acessível é extraído primeiro. Quando a concentração na fase sólida diminui para xk, a transferência de massa passa a ser controlada pela difusão na fase sólida.

A taxa de transferência de massa é representada pelas seguintes equações, para as fases fluida e sólida, respectivamente:

$$J(x > x_k, y) = x_f a_o \rho(y_r - y) \tag{6}$$

$$J(x \le x_k, y) = x_s a_o \rho_s\left(1 - \frac{y}{y_r}\right) \tag{7}$$

A solução analítica das equações diferenciais foi realizada por Sovová (1994) e apresentada para três períodos de extração, em termos da massa de extrato relativa à massa de sólido sem contabilizar a massa de soluto (N). O autor considera três períodos distintos durante a extração: o primeiro está relacionado com a parte inicial e linear da curva, no qual o extrato extraído é de fácil acesso, a partir das células abertas pela moagem ($q<qm$). O segundo período é relativo à faixa de transição, onde o extrato pode estar sendo extraído tanto das células abertas como das células fechadas ($qm \le q < qn$) dependendo da região do leito considerada. No último período, apenas o extrato de difícil acesso, proveniente das células fechadas, está sendo extraído ($q \ge qn$).

$$e = \begin{cases} q y_r[1 - \exp(-Z)] & q < q_m \\ y_r[q - q_m \exp(z_w - Z)] & q_m \le q < q_n \\ x_o - \dfrac{y_r}{w}\ln\{1 + [\exp(\mathrm{Wx_o/y_r}) - 1]\exp[W(q_m - q)]x_k/x_o\} & q \ge q_n \end{cases} \tag{8}$$

Onde q é a quantidade específica de solvente gasto até um determinado tempo de extração, relativa à N, e x_o é a concentração inicial de soluto na fase sólida.

$$qm = \frac{(x_o - x_k)}{y, Z} \quad (9) \qquad q_n = qm + \frac{1}{W} ln \frac{x_k + (x_o - x_k) exp(W x_O \,/\, y_r)}{y, Z} \quad (10)$$

$$\frac{Z_w}{Z} = \frac{y_r}{W x_o} ln \frac{x_o \exp[W(q - q_{mk})] - x_{k)}}{x_o - x_k} \quad (11)$$

Os parâmetros Z e W são diretamente proporcionais aos coeficientes de transferência de massa das fases fluida e sólida ($kf\ e\ ks$), respectivamente, e inversamente proporcionais à vazão mássica de solvente (q) relativa à N.

Z é o parâmetro relacionado ao período rápido de extração e W está relacionado ao período lento.

$$Z = \frac{K_f\, a_o\, \rho}{[q(1-\varepsilon)\rho_s]} \quad (12) \qquad W = \frac{K_s\, a_o}{[q(1-\varepsilon)]} \quad (13)$$

Onde yr é a solubilidade e a0 é a área específica.

No modelo Sovová, só foi possível o ajuste variando a massa de extrato disponível e passível de ser extraído para cada solvente (m0, expresso em % em relação à massa de matriz), considerando os seguintes valores que possibilitaram o melhor ajuste para cada solvente. Acetato de etila m0 = 0,08 (massa de extrato na matriz solida); Acetona m0 = 0,10; Etanol m0 = 0,07 (T = 20ºC); Etanol m0 = 0,18 (T = 40ºC e 60 ºC); Etanol + água m0 = 0,33.

O modelo Pardo-Castaño baseia-se na extração de um substrato sólido com fluído em um leito extrator compactado, em torno de um elemento diferencial ao longo da direção axial do extrator (Pardo-Castaño et al., 2015) descrito de acordo com a Eq. (14):

$$\frac{\partial C_f}{\partial t} + u\varepsilon \frac{\partial C_f}{\partial z} = D_{sf} \frac{\partial^2 C_f}{\partial z^2} + \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon} a_{sf} K_{sf} (C_f^* - C_f) \quad (14)$$

Onde: C_f é a concentração de soluto no fluído supercrítico; u é a velocidade intersticial do solvente; ε é a fração vazia do leito; D é o coeficiente axial de dispersão do soluto na fase fluida; a_{sf} é a área efetiva de contato sólido-fluido para a transferência de massa; k_{sf} é o coeficiente de transferência de massa para o transporte de soluto através do filme externo de fluido entorno das partículas solidas e C^* é a concentração de soluto no filme da fase fluida em equilíbrio com a superfície.

Pardo-Castaño et al. (2015), assumem que o termo que representa a dispersão axial, ou seja, o primeiro termo [D_{sf} ($\partial^2 C_f / \partial z^2$)] do lado direito da Eq. (14) é desprezível e esta aproximação é válida quando o comprimento do extrator é pelo menos 50 vezes o diâmetro médio de partícula e o número de Reynolds é maior que 10. Também consideramos que o termo que representa o acúmulo de soluto no fluído, primeiro termo do lado esquerdo [($\partial C / \partial z$)] é desprezível em comparação com a quantidade de soluto no material sólido. Com estas suposições se obtém a Eq. (15):

$$u\varepsilon \frac{\partial y_f}{\partial z} = k(y_f^* - y_f) \quad (15) \qquad y_{fL} = y_f^* \left[1 - exp\left(-\frac{kL}{u\varepsilon}\right)\right] \quad (16)$$

Quando K=[(1-ε)/ε]$a_{sf}k_{sf1}$, y é a fração de massa do soluto no fluido supercrítico e y^*_f é a condição de saturação relacionada ao filme estagnado na interface sólido-fluido.

A Equação (15), quando integrada nas condições dentro dos limites usuais para um extrator empacotado em z=0, y_f=0 e z=L, y_f= y_{fL}, possibilita a obtenção da Eq. (16), onde: y_{fL} é fração mássica de soluto na fase fluida até a saída do extrator e L é o comprimento do extrator.

Segundo Correa, 2016, a Eq. (18) pode ser escrita em função de três números adimensionais: levando em consideração que existem alterações nas condições do fluxo (número de Reynolds , *Re*) e considerando as características de transferência de massa relacionadas às propriedades do sólido (número de Biot *Bi*) ou nas propriedades do fluido (Numero de Schimidt, *Sc*), então, o argumento exponencial pode ser ajustado utilizando uma condição experimental ou nesse caso as limitações difusionais são insignificantes ($L \rightarrow \infty$ ou $k \rightarrow \infty$), então yL=ye. Além da Eq. (16) é necessário o balanço material do soluto na matriz sólida, dado por:

$$\frac{dm_s}{dt} = -\dot{q}\left[\frac{m_l}{m_{solv}}\right] \quad (17) \qquad \frac{dm_s}{dt} = -\dot{q}\frac{y_{fL}}{1 - y_{fL}} \quad (18)$$

onde ms é a massa do soluto na fase solida (matriz), $\dot{q}$ é a vazão mássica de escoamento e m_l e m_{solv} são a massa de soluto e de solvente até a saída do extrator (z=L).

A Equação (19) pode ser escrita em termos de fração mássica a partir da Eq. (18), onde, y_{fL} é obtido usando a Eq. (16). Segundo Correa, 2016, adequando a proposta de Pardo-Castaño et al. (2015) que propõem uma relação de equilíbrio do tipo BET na qual o soluto interage com a matriz sólida, descrita pela seguinte equação Brunauer; Emmett e Teller, (1938):

$$\frac{x_s}{x_m} = \frac{K_x}{[1-x][1+(K-1)x]} \quad (19)$$

Onde, χ é a razão entre a fração mássica de soluto no equilíbrio (y_e) e a fração mássica do soluto em uma fase fluida saturada (y^{Sat}), x_m é a fração mássica na primeira monocamada (m_m/m_0), onde m_0 é a massa inicial de extrato na matriz sólida e K é o coeficiente de equilíbrio de sorção. Esta relação de equilíbrio relaciona a concentração do soluto em um filme de fluido localizado em uma distância infinitesimal da superfície do substrato sólido (y_e), com a concentração do soluto na matriz sólida (x_s). Esta relação depende das forças de atração relativas exercidas tanto pelo solido quanto pelo solvente sobre o soluto (Pardo-Castaño et al., 2015). Após algumas manipulações algébricas a Eq. (19) pode ser escrita:

$$x = \frac{-\beta - \sqrt{\beta^2 - 4y}}{2y} \quad (20)$$

Onde $\beta = K(1-x_m/x)-2$ e $\gamma = 1-K$.

Finalmente, a Eq. (20) é aplicada na Eq. (16) com $y_e = xy^{Sat}$. Assim, a Eq. (18) é numericamente resolvida e os parâmetros y^{Sat} está relacionado à solubilidade do soluto na fase do solvente, corrigida com limitações difusionais, K é a razão entre a constante de equilíbrio de adsorção na primeira monocamada e as camadas subsequentes (se as interações soluto-sólido são, $K \to \infty$, se são, $K \to 0$), e x_m é a razão entre a massa do soluto presente na primeira monocamada e a massa inicial de soluto que pode ser extraída (Correa, 2016; Pardo-Castaño et al., 2015).

Para o modelo de Pardo-Castaño a massa de extrato disponível e passível de ser extraído para cada solvente (m0, expresso em % em relação à massa de matriz) foi fixada em m0 = 0,33.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cinética de extração da folha de oliveira (*Olea europaea*) com PLE foi investigada por modelagem das curvas de extração utilizando dois modelos, Pardo-Castaño e Sovová e os valores experimentais e calculados a partir dos modelos cinético ajustados são apresentados nas Tabs. 1 e 2 e agrupados por tipo solvente. Os elevados valores de R^2 apresentados nas Tabs.1 e 2 mostram que ambos os modelos (Pardo-Castaño e Sovová) se ajustaram bem aos dados experimentais.

Na Tabela 1 observa-se que o parâmetro K diminui e o parâmetro y^{Sat} aumentou na medida em que a temperatura de extração aumentou quando o solvente etanol e hidro alcoólicos foram usados. Isso ocorre porque o K está diretamente relacionado com a constante de equilíbrio de adsorção do soluto na primeira camada e nas camadas subsequentes e y^{Sat} está relacionado a solubilidade do soluto e suas relação soluto-sólido (Pardo-Castaño et al. (2015), nesta situação a utilização de temperaturas mais elevadas nos processo de extração provocam um aumento do movimento molecular, auxiliam nas perturbações das interações matriz-analito, causada pelas ligações de Van de Waals, ligações de hidrogênio e atrações dipolo, além de diminui a tensão superficial e a viscosidade do solvente, facilitando a permeabilidade na parede da matriz, viabilizando o aumento da difusividade e como consequência o aumento da extração (Mustafa e Tuner, 2011)

Os valores do coeficiente de transferência de massa na fase sólida (k_s) foram maiores do que os coeficientes de transferência de massa na fase fluida (K_F) praticamente para todas as curvas avaliadas utilizando o modelo Sovová (Tab. 2), este valores indicam que o mecanismos de difusão é mais lento (Ks>Kf) do que o mecanismo de convecção na extrações com PLE de folhas de oliveiras, porque o soluto localizado internamente nas partículas é mais difícil de ser removido em relação ao soluto localizado na superfície das partículas.

A inclinação das linhas na Fig. 1 representam a taxa de transferência massa em um período de taxas constantes de extrações (t_{CER}) e pode ser considerado o tempo mínimo para o processo de extração. Em geral os valores das taxas constantes de extração (t_{CER}) da Tab.1 diminuíram com o aumento da temperatura, o que indica que o tempo da t_{CER} é menor e o rendimento aumenta com o aumento da temperatura. Já no período de queda da taxa de extração (t_{FER}) (Tab. 1) os períodos de extração são mais prolongados e não apresentaram uma tendência de comportamento com a variação da temperatura e do solvente.

4. CONCLUSÃO

Ambos os modelos cinéticos estudados, Sovová e Pardo-Castaño foram capazes se correlacionar bem para a extração de folhas de oliveira com líquido pressurizado em todas as condições estudadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPq, FAPERGS, IFC e URI pelo apoio financeiro.

6. REFERENCIAS

Brunauer, S., Emmett, P. H., & Teller, E., 1938. "Adsorption of Gases in Multimolecular Layers". *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 60, p. 309–319.

Correa, M. S. 2016. "Extração de inflorescência de banana (*Musa paradisíaca L.*) utilizando CO_2 supercrítico e propano comprimido". 2016. 80 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia de Alimentos, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal de Paraná, Curitiba. Disponível em: <http://www.posalim.ufpr.br/Pesquisa /dissertacoes.htm#2015-2016>. Acesso em: 28 dez. 2016.

Huang, Z., Shi, X.-H., Jiang, W.-J. 2012. "Theoretical models for supercritical fluid extraction". *Journal of Chromatography A*, Vol. 1250, p. 2–26.

Mustafa, A., e Turner, C. 2011. "Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review".*Analytica Chimica Acta*, Vol. 703, p. 8-18.

Pardo-Castaño,C. , Velásquez, M. e Bolaños,G., 2015. "Simple models for supercritical extraction of natural matter". *Journal Supercritical Fluids*, Vol. 97, p. 165–173.

Reverchon, E., e De Marco, I. 2006. "Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter". *Journal of Supercritical Fluids*, Vol. 38, p. 146-166.

Sovová, H., 2005. "Mathematical model for supercritical fluid extraction of natural products and extraction curve evaluation". *Journal Supercritical Fluids*, Vol. 33, p.35–52.

Sovová, H., 1994. "Rate of the vegetable oil extraction with supercritical CO2-I. Modelling of extraction curves". *Chemical Engineering Science*. 49, 409–414.

7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSIBILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso deste trabalho.

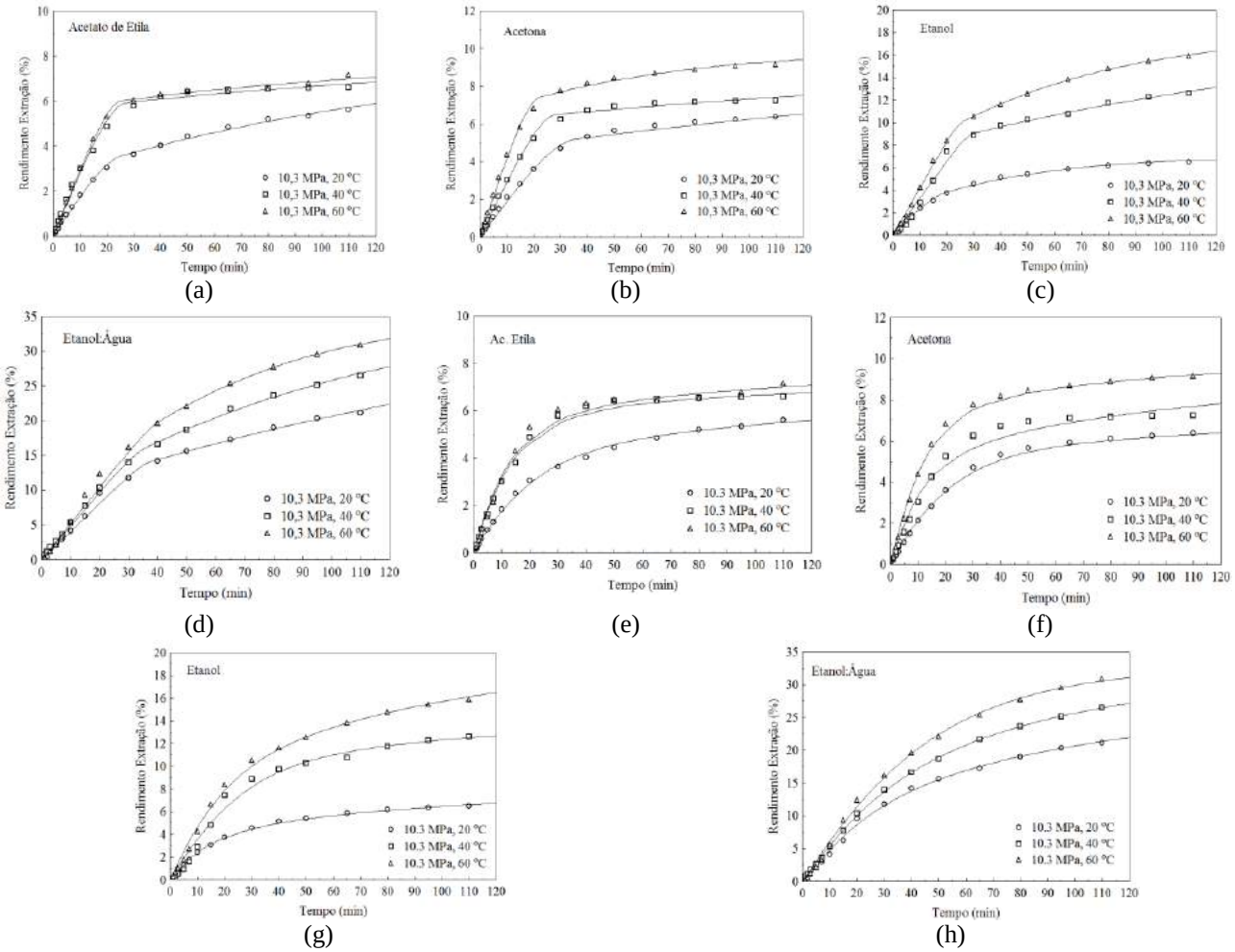


Figura 1:Modelagem das curvas de extração com PLE utilizando o modelo Sovová (a, b, c e d) e modelo Pardo-Castaño (e, f, g e h) agrupados por solventes e em diferentes temperaturas.

Tabela 1. Parâmetros ajustados para o modelo cinético Pardo-Castaño nas extrações com PLE

Solvente	**P (MPa)**	**T (ºC)**	y^{Sat}	x_m	***K***	***Rmsd(100)***	R^2
Acetato de Etila	10,3	20	0,1746 ± 0,0086	0,85	5272 ± 2198	0,07	0,992
	10,3	40	0,2519 ± 0,0157	0,81	18233 ± 8992	0,12	0,983
	10,3	60	0,2644 ± 0,0296	0,81	8587 ± 3951	0,25	0,993
Etanol	10,3	20	0,2701 ± 0,0133	0,85	1814 ± 318	0,08	0,999
	10,3	40	0,1586 ± 0,0217	0,65	834 ± 455	0,65	0,988
	10,3	60	0,1996 ± 0,0182	0,65	101 ± 37	0,35	0,997
Acetona	10,3	20	0,1989 ± 0,0088	0,82	9085 ± 4548	0,09	0,999
	10,3	40	0,3418 ± 0,0526	0,82	2192 ± 601	0,32	0,988
	10,3	60	0,3022 ± 0,0173	0,75	5033 ± 1470	0,18	0,998
Etanol:Água (80:20 v:v)	10,3	20	0,1727 ± 0,0153	0,60	22 ± 6	0,39	0,997
	10,3	40	0,1729 ± 0,0067	0,60	6,5 ± 0,7	0,17	0,999
	10,3	60	0,1610 ± 0,0189	0,60	2,3 ± 0,8	0,56	0,981

Tabela 2. Parâmetros ajustados para o modelo Sovová nas extrações com PLE.

Solvente	**P (MPa)**	**T (ºC)**	***Z***	***W***	***R***	***Rmsdx* (100)**	R^2	t_{CER} **(min)**	t_{FER} **(min)**	$k_f a(min^{-1})$ **(x10²)**	$k_s a\ (min^{-1})$ **(x10³)**
Acetato de etila	10,3	20	2,89 ± 0,92	0,100 ± 0,013	0,600 ± 0,035	0,08	0,998	5,98	25,11	5,73	2,4
	10,3	40	2,22 ± 0,63	0,072 ± 0,048	0,273 ± 0,056	0,18	0,996	8,38	27,33	4,71	1,8
	10,3	60	3,66 ± 1,04	0,092 ± 0,028	0,268 ± 0,032	0,09	0,999	5,29	25,22	8,02	2,31
Acetona	10,3	20	2,21 ± 0,4639	0,052 ± 0,016	0,504 ± 0,032	0,11	0,998	10,69	35,53	5,45	1,1
	10,3	40	2,94 ± 0,7926	0,050 ± 0,020	0,364 ± 0,029	0,13	0,998	7,05	28,25	7,39	1,1
	10,3	60	2,97 ± 0,9117	0,198 ± 0,057	0,293 ± 0,055	0,16	0,998	5,38	22,16	7,94	4,4
Etanol	10,3	20	3,32 ± 1,83	0,332 ± 0,049	0,550 ± 0,077	0,11	0,998	3,84	19,13	7,82	7,19
	10,3	40	9,99 ± 4,52	0,087 ± 0,029	0,547 ± 0,119	0,39	0,995	2,46	29,84	26,02	2,1
	10,3	60	10,01 ± 4,23	0,212 ± 0,022	0,534 ± 0,055	0,16	0,999	1,99	26,03	27,08	5,1
Etanol:água (80:20 v:v)	10,3	20	9,98 ± 3,61	0,068 ± 0,014	0,667 ± 0,065	0,42	0,998	2,88	37,73	30,88	1,91
	10,3	40	9,48 ± 5,71	0,13 4± 0,016	0,658 ± 0,0707	0,33	0,999	2,6	35,74	29,52	3,8
	10,3	60	10,01 ± 6,95	0,225 ± 0,065	0,614 ± 0,102	0,69	0,997	2,59	41,01	31,9	6,39

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

APLICAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO EM UMA AGROINDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO

Andressa Arboit Fritzen
Rafaela Steffens
Clarice Steffens
Juliana Barbosa
Juliana Steffens
GecianeToniazzoBackes
Julio C. Brancher

Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. e-mail: andressaarboit@hotmail.com, rah_steffens@hotmail.com, clarices@uricer.com.br, julisteffens@uricer.com.br, jubarbosa00@hotmail.com, gtoniazzo@uricer.edu.br ,juliobrancher@uricer.edu.br

Resumo.
As Boas Práticas de Fabricação (BPF) abrangem um conjunto de medidas que devem ser adotadas pelas indústrias de alimentos a fim de garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos produtos alimentícios conforme os regulamentos técnicos.Nesse sentido o objetivo desse trabalho foi realizar um diagnóstico situacional e aplicar um Manual de Boas Práticas em uma agroindústria de panificação. Para a aplicação das BPFS foi avaliado: qualificação dos colaboradores em segurança dos alimentos, controle de saúde dos colaboradores, controle de água para consumo, controle integrado de vetores e pragas, visitantes, estrutura e edificação, equipamentos e utensílios, manejo de resíduos, higiene pessoal, uso de uniformes, higiene do ambiente de trabalho, armazenamento, resfriamento, sobras, documentação e registro. Verificou-se que a mesma estava deficitária nos requisitos de higiene, produtos fracionados sem validade. Por meio da aplicação dessa ferramenta foi possível melhorar a qualidade dos produtos.

Palavras-chave: *Agroindústria, Boas Práticas de Fabricação, Manual de Boas Práticas de Fabricação, Consumidor*

1. INTRODUÇÃO

As BPF (Boas Práticas de Fabricação) são procedimentos que devem ser adotados pelas agroindústrias com a finalidade de garantir a qualidade higiênico-sanitária dos alimentos de acordo com a legislação vigente. A implantação das BPFs, além de ser uma exigência legal, eleva a qualidade dos produtos, protege a saúde pública, diminui gastos com internações hospitalares, dá maior segurança, confiança e satisfação aos consumidores (ODERICH, 2007).

A implantação das BPFs em agroindústrias familiares é um requisito fundamental à garantia da segurança dos alimentos comercializados no país. Especificamente, a implantação de BPF é responsável por padronizar processos dentro da agroindústria através da prática de procedimentos higiênicos, tornando parte da rotina não somente os processos de fabricação, como também os processos que visam à segurança alimentar e a qualidade do alimento (BELOLLI, 2011).

O Manual de Boas Práticas ou de Boas Práticas de Fabricação é um documento em que estão descritos os procedimentos referentes às BPF realizadas em um serviço de alimentação ou indústria de alimentos. Ele deve possuir conceitos e orientações úteis para os manipuladores, devendo estar disponível às pessoas que trabalham na produção e distribuição dos alimentos (GONZAGA, 2003).

Neste sentido, este trabalho teve por objetivo a elaboração de um Manual de Boas Práticas de Fabricação para uma agroindústria de panificação do Alto Uruguai.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado em uma pequena agroindústria de panificação de produtos naturais, na cidade de Erechim, no estado do Rio Grande do Sul. A indústria analisada visa a produção de alimentos diferenciados visando uma dieta rica em fibras, produtos isentos de glúten e reduzidos em carboidratos.

Para verificar as condições da agroindústria foi elaborado um diagnóstico situacional da empresa, de maneira detalhada, sendo analisada a estrutura, funcionamento da produção, manipulação de produto, escolha de matérias primas e separação pelas datas de validade e equipamentos utilizados.

Neste sentido foi aplicado um *checklist* para avaliar e acompanhar as atividades de produção e poder aplicar as BPF. Após o levantamento prévio da situação da agroindústria foram sugeridas adequações para corrigir procedimentos de operação e sugestões para melhoria da produção. Também foram realizadas reuniões de curta duração (cerca de 30 minutos cada) para pequenos ajustes, conforme o andamento das atividades. O material utilizado no desenvolvimento do Manual de Boas práticas de Fabricação foi de acordo com a cartilha de Boas Práticas de Fabricação (BARBOSA et al. 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No levantamento da situação da agroindústria de panificação foram observados desde os edifícios e instalações até os procedimentos operacionais propriamente ditos, visando obter produtos com qualidade, aceitáveis pelo consumidor, que satisfaçam suas necessidades nutricionais e não ofereçam risco a saúde, procurando minimizar os custos. Assim abaixo estão apresentados os itens avaliados:

- **Qualificação dos colaboradores em segurança dos alimentos:** Todos os colaboradores da empresa que entram em contato com alimentos recebem na admissão e no dia-a-dia das atividades, as instruções necessárias para cumprir com suas funções de maneira segura e higiênica. Para facilitar o entendimento, são afixados cartazes em locais estratégicos nas áreas de produção e armazenamento de alimentos com instruções fundamentais para a prática da segurança dos alimentos.
- **Controle de saúde dos colaboradores**: A empresa irá providenciar um programa de controle de saúde dos manipuladores, de acordo com determinação da legislação, conforme descrito no Planejamento Empresarial. Os atestados de saúde ocupacional de seus colaboradores deverão ser mantidos devidamente organizados e arquivados. Os colaboradores são instruídos a comunicar ao seu supervisor e ao responsável da empresa toda vez que manifestarem quaisquer problemas de saúde, antes de começar o trabalho para que sejam tomadas as providências cabíveis.
- **Controle de água para consumo**: A empresa utiliza água potável na produção e manipulação de alimentos, sendo abastecida pela empresa de abastecimento público. A empresa possui reservatório de água com capacidade que atende as suas necessidades. Tal reservatório permanece adequadamente tampado e em bom estado de conservação. A higienização é realizada dentro da frequência exigida (na instalação, a cada seis meses ou quando ocorrer algum acidente que possa contaminar a água).
- **Controle integrado de vetores e pragas:** A empresa adota ações contínuas de organização e higiene com o objetivo de impedir a atração, o acesso, o abrigo e/ou proliferação de pragas e vetores urbanos em suas instalações, mantendo a sua área livre de sujidades e resíduos alimentares, além de não permitir a presença de papel, papelão ou material em desuso dentro da empresa ou nos seus arredores. As medidas de controle incluem a realização de um programa periódico de desinsetização e desratização de maneira segura e eficaz, incluindo controle químico aplicado por empresa especializada e devidamente autorizada, segundo cronograma de visitas pré-determinado.
- **Visitantes**: Todas as pessoas que não fazem parte da equipe de colaboradores da empresa são consideradas visitantes. A circulação de visitantes é restrita e controlada para evitar contaminações dos produtos. Quando por algum motivo um visitante entra nas áreas de manipulação de alimentos, é convidado a utilizar contenção para os cabelos e está sujeito aos mesmos requisitos de higiene e saúde dos colaboradores.
- **Estrutura e edificação**: A empresa possui acesso direto e independente. As instalações e seus arredores são livres de focos de insalubridade, lixo, objetos em desuso, animais, insetos e roedores.
- **Equipamentos e utensílios:** Os equipamentos, bancadas de trabalho e utensílios utilizados pela empresa são constituídos de materiais adequados, atóxicos, lisos, impermeáveis, laváveis e resistentes a substâncias corrosivas. De maneira geral, os equipamentos encontram-se em bom estado de conservação e passam por manutenção periódica de acordo com a necessidade. A empresa dispõe de termômetro apropriado para monitorar as temperaturas dos alimentos.
- **Manejo de resíduos:** As áreas de manipulação possuem lixeiras com tampas sem abertura por contato manual, em número suficiente para atender a capacidade da agroindústria. Encontram-se em bom estado de funcionamento e conservação, são de fácil higienização e revestidas por sacos plásticos reforçados, onde o lixo é continuamente depositado. Os resíduos são retirados das áreas de manipulação diariamente, quantas vezes forem necessárias, de forma a evitar contaminações e atração de pragas. Ficam armazenados em área externa isolada da área de preparação, devidamente acondicionados, de onde são recolhidos pela empresa de coleta urbana. São tomadas as devidas precauções para evitar riscos de contaminação cruzada quanto à entrada de alimento e saída de resíduos das áreas de manipulação de alimentos. As caixas de gordura e esgoto possuem dimensão compatível ao volume de resíduos, não apresentando refluxo ou odores.
- **Higiene pessoal**: Todos os manipuladores de alimentos são orientados e supervisionados quanto à manutenção de boa higiene pessoal e prática de hábitos seguros.

- **Uso de uniformes:** Os uniformes disponibilizados pela empresa são completos, compostos de toucas, calças, camisas, aventais, meias e sapatos fechados. Os uniformes em utilização são mantidos em bom estado de conservação. São disponibilizados uniformes em quantidade suficiente para permitir troca diária pelos colaboradores. São disponibilizados aventais de tecido para atividades de cozimento e aventais de napa para utilização em atividades com muita água. Os manipuladores são orientados quanto a utilização correta de luvas, quando utilizadas na manipulação de alimentos. Os manipuladores deverão ser orientados quanto ao uso correto de Equipamentos de Proteção Individual (luvas de borracha, luvas de malha de aço, óculos, etc). Utilizá-los somente nas dependências internas do estabelecimento e apresentar-se para o trabalho com uniformes completos, bem conservados, limpos e com troca diária.
- **Higiene do ambiente de trabalho:** A higiene do ambiente de trabalho da empresa compreende as operações de higienização da estrutura física (piso, paredes, etc), dos equipamentos, bancadas de trabalho e utensílios, realizadas de maneira freqüente para minimizar os riscos de contaminação dos alimentos. A primeira etapa da higienização (limpeza) consiste em remover as substâncias visíveis indesejáveis como terra, poeira, gordura, restos de comida e outras sujidades, utilizando água potável e sabão ou detergente. Em seguida é feita a desinfecção para remover ou reduzir a níveis aceitáveis os microrganismos, invisíveis a olho nu, utilizando produtos químicos ou calor.
- **Armazenamento:** Alimentos perecíveis são armazenados o mais rápido possível, limitando ao máximo seu tempo de permanência a altas temperaturas.
-**Resfriamento:** Antes de serem armazenados, os alimentos já cozidos ou manipulados são resfriados o mais rapidamente possível para evitar temperaturas de risco. Para resfriar os alimentos de maneira adequada de 60ºC até 10ºC, em até 2 horas, deverão ser tomados os seguintes cuidados: A quantidade de alimento a ser resfriado é reduzida, fatiando-o, separando-o em porções ou distribuindo o alimento ainda quente em recipientes rasos de no máximo 10cm de profundidade.
- **Sobras:** São consideradas sobras, os alimentos para reposição que não tenham sido distribuídos desde que a temperatura tenha sido monitorada. Jamais são reutilizados alimentos prontos que tenham sido servidos. Para o reaproveitamento de alimentos quentes, os mesmos passam pelas etapas de reaquecimento e resfriamento de forma rigorosa, podendo em seguida ser congelados ou armazenados em geladeira por no máximo um dia (24hs). Para uso, os mesmos são reaquecidos mais uma vez até atingir a temperatura mínima de 70ºC em todas as partes e, só então, liberados para consumo.
- **Documentação e registro**: A empresa mantém este Manual de Boas Práticas acessível aos seus colaboradores e disponível às autoridades sanitárias. Este documento é revisto e atualizado periodicamente, de acordo com novas ações e mudanças realizadas. Juntamente com o Manual, existem quatro Procedimentos Operacionais Padronizados, os quais descrevem de maneira objetiva, o passo a passo para a realização das operações relacionadas como demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1:Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados junto com as BPF.

Higiene e saúde dos manipuladores
Higienização de instalações, equipamentos e móveis
Controle integrado de vetores e pragas urbanas
Higienização do reservatório de água

4. CONCLUSÃO

A elaboração de um Manual de Boas Práticas de Fabricação (BPF) abrange um conjunto de medidas que devem ser adotadas pelas indústrias de alimentos a fim de garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos produtos alimentícios com os regulamentos técnicos, garantindo as condições higiênico-sanitárias do alimento preparado e a conformidade dos alimentos conforme a legislação estabelece.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a agroindústria pela parceria no trabalho e a URI pela concessão da bolsa.

6. REFERÊNCIAS

Barbosa, J. Backes, G.T.; Brancher, J.C.; Queiroz, I.V.; Brancher, R.M, 2014. *Cartilha de Boas Práticas de fabricação* - Erechim, RS, Edifapes, 24p.

Belloli, O. B, 2011. *Manual de boas práticas de fabricação setor de carnes*. Bento Gonçalves: IFET/RS,.157p.

Gonzaga, G. O, 2003. *Requisitos para Boas Práticas de Fabricação*. 185 f. Monografia (Pós-Graduação em Qualidade em Alimentos) – Universidade de Brasília, UNB, Brasília.

Oderich, C.A.L, 2007. *Tecnologia de Alimentos. Industrialização de Carnes: Produção da Salsicha*. Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

USO DE DIFERENTES LÍQUIDOS IÔNICOS NA ATIVIDADE DE ESTERIFICAÇÃO E RENDIMENTO DA IMOBILIZAÇÃO DE CALB EM XEROGEL

Angela Antunes[1]
Aline Matuella Moreira Ficanha[1*]
Mateus Bopsin[1]
Elen Menon[1]
Marcelo Mignoni[1]
Rogério Dallago[1]
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Av. sete de setembro, 1621, Erechim-RS
nenaantunes@gmail.com
alinematuella@gmail.com
mateushb1@hotmail.com
elen_menon963333@hotmail.com
mignoni@uricer.edu.br
dallago@uri.com.br

Resumo. *A adição de líquidos iônicos em processos de imobilização de enzimas pode proporcionar maior seletividade e estabilidade. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi estudar o uso de líquidos iônicos no processo de imobilização e analisar o rendimento e estabilidade operacional quando utilizados como aditivos na imobilização da lipase CALB em xerogel. A imobilização foi realizada pela técnica sol-gel utilizando a lipase CALB e líquidos iônicos como aditivo. A medida de atividade da enzima foi realizada pela síntese de oleato de etila. Os resultados demonstram rendimentos superiores a 100% para todos os ensaios, o que demonstra o efeito estabilizante do líquido iônico no processo de imobilização independentemente da quantidade utilizada. Porém os maiores rendimentos (superior a 300%) e AE foram observado no experimento (b) e (c) na qual utilizou-se os líquido iônicos C_8 e C_{16} respectivamente. Quando usou o C_4 como aditivo, a maior AE e rendimento foi com 1% de LIs. O processo de imobilização utilizando diferentes LIs como aditivos demonstrou altos rendimentos e AE nas diferentes concentrações testadas e demonstraram ser bons aditivos utilizados no processo de imobilização da lipase CALB pela técnica sol-gel.*

Palavras-chave: *enzima, atividade de esterificação, rendimento*

1. INTRODUÇÃO

As lipases estão entre as enzimas mais utilizadas para aplicações biotecnológicas, pois desempenham um papel importante nas transformações de vários grupos de lipídios (Messaoudi *et al*., 2011). Melhorar a estabilidade e aumentar a atividade catalítica de uma enzima durante um processo catalítico são os principais objetivos que podem expandir o possível uso de lipases em aplicações industriais práticas (Zdarta e Jesionowski, 2016).

Entre várias técnicas que melhoram as propriedades das lipases, a imobilização é a que vem apresentando os melhores resultados (Jesionowski; Zdarta; Krajewska, 2014). A imobilização enzimática envolve a incorporação de um biocatalisador a um suporte, produzindo um catalisador em forma heterogênea (Esmaeilnejad *et al*., 2015) que pode ser mais facilmente separado do meio reacional (Zhang *et al*., 2012; An *et al*., 2014).

Entre as muitas vantagens da imobilização, podem se destacar ainda o aumento da atividade enzimática e a resistência das enzimas com aumento da estabilidade de armazenamento, térmica, química e operacional, (Garcia-Galan *et al*., 2011; Zdarta e Jesionowski, 2016) visto que, as aplicações de enzimas são frequentemente prejudicadas por uma falta de funcionamento operacional a longo prazo. Além da eficiência, as enzimas imobilizadas para aplicações industriais também devem ser produzidas a custos acessíveis (Cantone *et al*., 2013).

Entre as estratégias de imobilização, a possibilidade de imobilizar as enzimas in situ mediante sua incorporação durante a síntese do suporte, evitando etapas adicionais, está se tornando cada vez mais popular (Cao, 2005; Ficanha *et al*., 2015).

Os fenômenos físico-químicos que ocorrem no processo de imobilização podem afetar a eficiência da enzima imobilizada em cada sistema de reação ou método específico (Cantone *et al*., 2013). As enzimas podem ser desnaturadas e perderem a sua atividade simplesmente quando solubilizadas no meio de imobilização e durante o processo de imobilização. Em muitos casos, a força iônica e o pH podem promover a desnaturação durante a exposição prolongada a tais condições (Garcia-Galan *et al*., 2011). Portanto, soluções devem ser desenvolvidas para cada processo específico, dentre eles o uso de aditivos se destacam.

Dentre os aditivos destaca-se os líquidos iônicos (LIs) pois possuem propriedades e características compatíveis com as da enzima (Ríos; Rantwijk; Sheldon, 2012) tais como, a baixa pressão de vapor e boa estabilidade dentro de um amplo intervalo de temperatura, além disso são considerados uma boa alternativa como solventes, com potencial de aplicações a nível industrial, dentre elas, as que envolvem a biocatálise (Alvarez *et al*. 2011; Aslanov, 2011).

Desta forma, o objetivo do trabalho foi realizar um estudo preliminar sobre o uso de líquidos iônicos no processo de imobilização e analisar o rendimento e estabilidade operacional quando utilizados como aditivos na imobilização da lipase CALB em xerogel.

2. METODOLOGIA

2.1 Síntese de líquidos iônicos

No processo de imobilização foram utilizados três LIs diferentes como aditivo: o cloreto de 1-butil-3-metilimidazólio (C_4), o brometo de 1-octil-3-metilimidazólio (C_8) e o cloreto de 1-hexadecil-3-metilimidazólio (C_{16}). Os líquidos iônicos foram sintetizados conforme metodologia descrita por Mignoni, 2012.

2.2 Imobilização enzimática

A lipase de *Candida antarctica* (CALB) foi imobilizada em xerogel obtida pela técnica de sol-gel com o uso do tetraetilortosilicato (TEOS) como precursor da sílica, seguindo metodologia descrita na literatura, com alterações (Ficanha *et al*., 2015). Inicialmente, 5 mL de TEOS foram dissolvidos em 5 mL de etanol absoluto. Após a dissolução, adicionou-se 1,6 mL de água destilada e três gotas do iniciador da reação de polimerização ácido bromídrico (HBr), juntamente com esses reagentes foram adicionados o LIs (0,5, 1 e 1,5%). Posteriormente, os sistemas reacionais foram submetidos a uma etapa de agitação, em agitador orbital (shaker) a 40 °C, 180 rpm, por um período de 90 min. Em seguida, fez-se a adição de 1 mL da solução enzimática e 1,75 mL da solução hidrolisante (solução etanólica de hidróxido de amônio 1,0 mol.L-1). Posteriormente, os sistemas reacionais foram mantidos em condições estáticas, em temperatura entre 20-25 °C, por 24 h para completar a condensação química.

Para obtenção do xerogel, após as 24 h, o suporte foi colocado em dessecador a vácuo (temperatura ambiente) por um novo período de 24 h para completar a secagem por evaporação.

2.3 Medida da atividade enzimática

A atividade de esterificação foi quantificada através da reação de síntese de oleato de etila utilizando ácido oleico e álcool etílico na razão molar de 1:1 (mistura padrão), conforme descrito por Ficanha *et al*. (2015). A reação foi iniciada pela adição da enzima imobilizada ou livre (aproximadamente 0,1 g) em 5 mL da mistura padrão. A reação foi conduzida em frascos de vidro fechados a 40 °C, em agitador orbital a 160 rpm, durante 40 minutos. Alíquotas de 500 µL foram retiradas do meio reacional em triplicata. A cada amostra foram adicionados 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1:1) (v/v) a fim de parar a reação. A quantidade de ácido oleico consumido foi determinada por titulação com NaOH 0,05 M até o meio reacional atingir pH 11. Os ensaios dos brancos das amostras continham 500 µL da mistura padrão e 15 mL da solução de acetona-etanol.

Uma unidade de atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima que consome 1 µmol de ácido graxo por minuto.

2.4 Determinação do rendimento da imobilização

O rendimento de imobilização nos xerogéis foi calculado pela porcentagem da razão entre a atividade total de esterificação do xerogel sintetizado e a atividade de esterificação total vinculada a na massa de enzima livre adicionada na etapa de imobilização, conforme a Equação 1:

$$R(\%) = \frac{U_x}{U_0} \times 100 \quad (1)$$

Na qual Ux corresponde à atividade total de esterificação da massa de xerogel sintetizado e U0 representa a atividade total de esterificação presente na massa de enzima livre adicionada na imobilização.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta a atividade de esterificação e rendimento obtidos nos testes para as diferentes concentrações de LIs na imobilização da lipase CALB em xerogel.

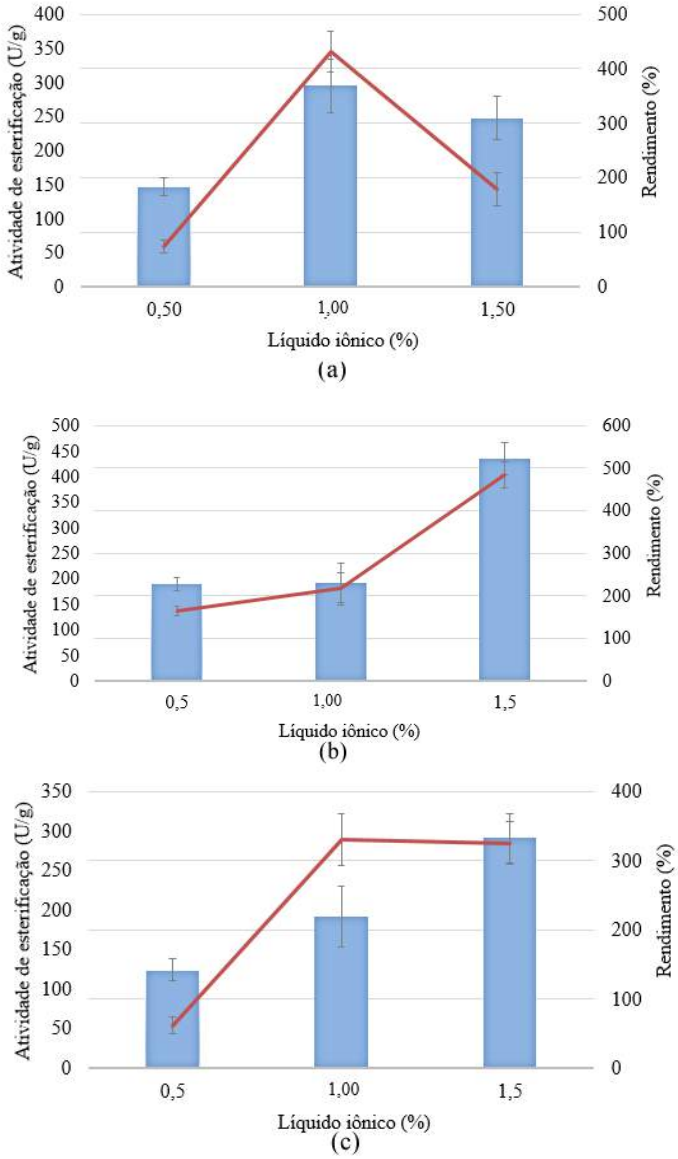


Figura 1. Atividade de esterificação (colunas) e rendimento (linhas) obtidos na imobilização da lipase em xerogel com o uso de três diferentes LIs ((a) C4; (b) C8 e (c) C16)

Observam-se comportamentos distintos entre os Lis. Os LIs C8 e C16 apresentam comportamento similar entre eles, exibindo um aumento continuo da atividade com a concentração, com as maiores atividades de esterificação (≅ 300 U/g para o C16 e ≅ 450 U/g para o C8) com 1,5%. Para o LI C4 observa-se um aumento na AE de ≅ 150 para ≅ 300 U/g quando a concentração do LI aumento de 0,5 para 1,0%. Acima desta concentração a AE tende a diminuir, apresentando para 1,5% uma AE de 250 U/g.

Souza *et al*. (2013) demonstram o efeito positivo do LI na imobilização com um aumento de 35 vezes em comparação com uma amostra de enzima livre. Um efeito positivo da atividade foi observado para todos os Lis até um nível de 1% do teor adicionado em relação aos reagentes utilizados no processo de imobilização.

Considerando somente a maior AE, observa-se uma tendência com a cadeia carbônica do LI, com o C16, com ≅ 450 U/g, apresentando os maiores valores para a atividade de esterificação. Em relação ao rendimento, como a atividade inicial oferecida foi a mesma em todos os ensaios, esta resposta apresenta a mesma tendência observada para a AE.

4. CONCLUSÃO

O processo de imobilização utilizando diferentes LIs como aditivos demonstrou altos rendimentos e AE nas diferentes concentrações utilizadas. Esses resultados do estudo preliminar realizado demonstraram ser bons aditivos utilizados no processo de imobilização da lipase CALB pela técnica sol-gel.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI-Erechim, CAPES e CNPq.

6. REFERÊNCIAS

Alvarez, V. H., Mattedi, S., Martin-Pastor, M., Aznar, M. e Iglesias, M. Thermophysical properties of binary mixtures of {ionic liquid 2-hydroxy ethylammonium acetate + (water, methanol, or ethanol)}. Journal Chemistry Thermodynamics, v. 43, p. 997-1010, 2011.

An, J. D., Patterson, D. A., McNeil, S. e Hossain, M. M. Immobilization of lipase on woolen fabrics: enhanced effectiveness in stain removal. Biotechnol Progress, v. 30, p. 806-817, 2014.

Aslanov, L. A. Ionic liquids: Liquid structure. Journal of Molecular Liquids, v. 162, p. 101-104, 2011.

Cantone, S., Ferrario, V., Corici, L., Ebert, C., Fattor, D., Spizzo, P. e Gardossi, L. Efficient immobilisation of industrial biocatalysts: Criteria and constraints for the selection of organic polymeric carriers and immobilisation methods. Chemical Society Reviews, v. 42, p. 6262-6276, 2013.

Cao, L. Immobilised enzymes: science or art? Current Opinion in Chemical Biology, v. 9, p. 217-226, 2005.

Ficanha, A. M. M., Levandoski, K., Mignoni, M. L. e Dallago, R. M. Estudo da imobilização de lipase em sílica obtida pela técnica sol-gel. Química Nova, v. 38, p. 364-369, 2015.

Garcia-Galan, C., Berenguer-Murcia, A., Fernandez-Lafuente, R. e Rodrigues, R. C. Potential of different enzyme immobilization strategies to improve enzyme performance. Advanced Synthesis & Catalysis, v. 353, p. 2885-2904, 2011.

Jesionowski, T., Zdarta, J. e Krajewska, B. Enzymes immobilization by adsorption: a review. Adsorption, v. 20, p. 801-821, 2014.

Messaoudi, A., Belguith, H., Ghram, I. e Hamida J. Lipabase: a database for ‘true’ lipase family enzymes. International Journal of Bioinformatics Research and Application, v. 7, p. 390-401, 2011.

Mignoni, M. L. Zeólitas obtidas com líquidos iônicos como direcionadores de estrutura: síntese e reatividade. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

Ríos, A. P., Rantwijk, F. e Sheldon, R. A.; Effective resolution of 1-phenyl ethanol by Candida antarctica lipase B catalysed acylation with vinyl acetate in protic ionic liquid (PILs). Green Chemistry, v. 14, p. 1584-1588, 2012.

Souza, R. L., Faria, E. L. P., Figueiredo, R. T., Freitas, L. S., Iglesias, M., Mattedi, S., Zanin, G. M., Santos, O. A. A., Coutinho, J. A. P., Lima, A. S. e Soares, C. M. F. Protic ionic liquid as additive on lipase immobilization using silica sol-gel. Enzyme and Microbial Technology, v. 52, p. 141-150, 2013.

Zdarta, J. e Jesionowski, T. Luffa cylindrica sponges as a thermally and chemically stable support for Aspergillus niger lipase. Biotechnology Progress, v. 32, p. 657-665, 2016.

Zhang, B, Weng, Y., Xu, H. e Mao, Z. Enzyme immobilization for biodiesel production. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 93, p. 61-70, 2012.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTABILIDADE DE ARMAZENAGEM, OPERACIONAL E TÉRMICA DE LIPASE IMOBILIZADA PELA TÉCNICA SOL-GEL COM USO DE DIFERENTES LÍQUIDOS IÔNICOS COMO ADITIVOS

Aline Matuella Moreira Ficanha[1]
Angela Antunes[1]
Cátia Santin Zanchetti Battiston[1]
Mateus Bopsin[1]
Elen Menon[1]
Marcelo Mignoni[1]
Rogério Dallago[1]
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Av. sete de setembro, 1621, Erechim-RS
alinematuella@gmail.com
nenaantunes@gmail.com
catia.zanchett@erechim.ifrs.edu.br
mateushb1@hotmail.com
mignoni@uricer.edu.br
dallago@uri.com.br

Resumo. *O uso de de líquidos iônicos no processo de imobilização de enzimas pode proporcionar aumento na estabilidade. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi estudar a estabiliade da lipase CALB com o uso de líquidos iônicos no processo de imobilização em xerogel. A imobilização foi realizada pela técnica sol-gel utilizando a lipase CALB e líquidos iônicos como aditivo. A medida de atividade da enzima foi realizada pela síntese de oleato de etila. Os resultados demonstram que o processo de imobilização proporcionou um aumento da estabilidade térmica, de estocagem e operacional em relação à enzima livre. Para estabilidade operacional os resultados demonstraram a possível reutilização dos imobilizados 13 vezes com AR superior a 50%, comprovando a eficiência do método empregado para a imobilização. Para a estabilidade térmica, nas temperaturas acima de 50°C, as lipases imobilizadas apresentaram para a lipase imobilizada valores de Kd menores e tempos de meia vida (t1/2) maiores aos obtidos para a enzima livre o que demonstra a estabilidade térmica da enzima imobilizada maior do que a da enzima livre, sugerindo que o suporte em questão atua protegendo a enzima dos efeitos negativos da temperatura, possibilitando seu emprego em processos que requerem maiores temperaturas.*

Palavras-chave: *enzima, atividade de esterificação, atividade residual, tempo de meia vida*

1. INTRODUÇÃO

Melhorar a estabilidade e aumentar a atividade catalítica de uma enzima durante um processo catalítico são os principais objetivos que podem expandir o possível uso de lipases em aplicações industriais práticas (Zdarta e Jesionowski, 2016). Entre várias técnicas que melhoram as propriedades das lipases, a imobilização é a que vem apresentando os melhores resultados (Jesionowski; Zdarta; Krajewska, 2014).

Entre as muitas vantagens da imobilização, podem se destacar ainda o aumento da atividade enzimática e a resistência das enzimas com aumento da estabilidade de armazenamento, térmica, química e operacional, (Garcia-Galan *et al*., 2011; Zdarta e Jesionowski, 2016) visto que, as aplicações de enzimas são frequentemente prejudicadas por uma falta de funcionamento operacional a longo prazo. Além da eficiência, as enzimas imobilizadas para aplicações industriais também devem ser produzidas a custos acessíveis (Cantone *et al*., 2013).

Os fenômenos físico-químicos que ocorrem no processo de imobilização podem afetar a eficiência da enzima imobilizada em cada sistema de reação ou método específico (Cantone *et al*., 2013). As enzimas podem ser desnaturadas e perderem a sua atividade simplesmente quando solubilizadas no meio de imobilização e durante o processo de imobilização. Portanto, soluções devem ser desenvolvidas para cada processo específico, dentre eles o uso de aditivos se destacam.

Dentre os aditivos destaca-se os líquidos iônicos (LIs) pois possuem propriedades e características compatíveis com as da enzima (Ríos; Rantwijk; Sheldon, 2012) tais como, a baixa pressão de vapor e boa estabilidade dentro de um amplo intervalo de temperatura, além disso são considerados uma boa alternativa como solventes, com potencial de aplicações a nível industrial, dentre elas, as que envolvem a biocatálise (Alvarez *et al*. 2011; Aslanov, 2011).

Desta forma, o objetivo do trabalho foi estudar preliminar sobre o uso de líquidos iônicos no processo de imobilização e analisar o rendimento e estabilidade operacional quando utilizados como aditivos na imobilização da lipase CALB em xerogel.

2. METODOLOGIA

2.1 Síntese de líquidos iônicos

No processo de imobilização foram utilizados três LIs diferentes como aditivo: o cloreto de 1-butil-3-metilimidazólio (C_4), o brometo de 1-octil-3-metilimidazólio (C_8) e o cloreto de 1-hexadecil-3-metilimidazólio (C_{16}). Os líquidos iônicos foram sintetizados conforme metodologia descrita por Mignoni, 2012.

2.2 Imobilização enzimática

A lipase de *Candida antarctica* (CALB) foi imobilizada em xerogel obtida pela técnica de sol-gel com o uso do tetraetilortosilicato (TEOS) como precursor da sílica, seguindo metodologia descrita na literatura, com alterações (Ficanha *et al*., 2015). Inicialmente, 5 mL de TEOS foram dissolvidos em 5 mL de etanol absoluto. Após a dissolução, adicionou-se 1,6 mL de água destilada e três gotas do iniciador da reação de polimerização ácido bromídrico (HBr), juntamente com esses reagentes foram adicionados o LIs (0,5, 1 e 1,5%). Posteriormente, os sistemas reacionais foram submetidos a uma etapa de agitação, em agitador orbital (shaker) a 40 °C, 180 rpm, por um período de 90 min. Em seguida, fez-se a adição de 1 mL da solução enzimática e 1,75 mL da solução hidrolisante (solução etanólica de hidróxido de amônio 1,0 $mol.L^{-1}$). Posteriormente, os sistemas reacionais foram mantidos em condições estáticas, em temperatura entre 20-25 °C, por 24 h para completar a condensação química.

Para obtenção do xerogel, após as 24 h, o suporte foi colocado em dessecador a vácuo (temperatura ambiente) por um novo período de 24 h para completar a secagem por evaporação.

2.3 Medida da atividade enzimática

A atividade de esterificação foi quantificada através da reação de síntese de oleato de etila utilizando ácido oleico e álcool etílico na razão molar de 1:1 (mistura padrão), conforme descrito por Ficanha *et al*. (2015). A reação foi iniciada pela adição da enzima imobilizada ou livre (aproximadamente 0,1 g) em 5 mL da mistura padrão. A reação foi conduzida em frascos de vidro fechados a 40 °C, em agitador orbital a 160 rpm, durante 40 minutos. Alíquotas de 500 µL foram retiradas do meio reacional em triplicata. A cada amostra foram adicionados 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1:1) (v/v) a fim de parar a reação. A quantidade de ácido oleico consumido foi determinada por titulação com NaOH 0,05 M até o meio reacional atingir pH 11. Os ensaios dos brancos das amostras continham 500 µL da mistura padrão e 15 mL da solução de acetona-etanol.

Uma unidade de atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima que consome 1 µmol de ácido graxo por minuto.

2.4 Estabilidade de estocagem

A estabilidade de estocagem é um parâmetro importante que deve ser avaliado, uma vez que seu estudo permitirá determinar por quanto tempo o biocatalisador imobilizado poderá ser armazenado e quanto de sua atividade inicial será mantida ao longo do período de estocagem. Foram realizadas em temperatura ambiente (20 °C - 25 °C) e refrigeração (3 °C - 5 °C). A estabilidade foi acompanhada até atingir uma perda de 50% de sua atividade de esterificação inicial. Os resultados foram apresentados em porcentagem da atividade residual (AR), calculada pela Equação 1.

$$AR\ (\%): \frac{AE_i}{AE_0} x100 \quad (1)$$

Onde: AEi: atividade de esterificação no tempo "i", AE_0 da atividade de esterificação no tempo inicial.

2.5 Estabilidade térmica

A estabilidade térmica das lipases CALB livre e imobilizada foi determinada pelo método de Arrhenius. A partir dos dados obtidos durante a avaliação da estabilidade térmica determinou-se a cinética de degradação através da análise da ordem de reação.

Foi realizada por meio da incubação das enzimas em temperaturas de 40 ºC a 80 ºC. Amostras foram retiradas ao longo do tempo de incubação para a realização da atividade de esterificação e determinação da atividade residual (AR).

A constante de desativação térmica (kd) em cada temperatura foi calculada segundo o modelo cinético de Arrhenius, considerando-se que a inativação das enzimas segue a cinética de primeira ordem, conforme Equação 2.

$$A = A_0 exp.(-k_d.t) \quad (2)$$

A partir das constantes de desativação térmica em cada temperatura, foram obtidos os tempos de meia vida (t1/2) (Equação 3) que corresponde ao tempo necessário para que ocorra a inativação de 50 % da concentração enzimática inicial, na temperatura testada.

$$t_{1/2} = -\frac{\ln 0{,}5}{k_d} \quad (3)$$

Onde: $A_{0:}$ atividade inicial, A: atividade final, t: tempo, $t_{1/2:}$ tempo de meia vida e kd: constante de desativação.

2.6 Estabilidade operacional

A eficiência da estabilidade operacional (reuso) da lipase imobilizada in situ em aerogel foi determinada empregando uma quantidade definida do imobilizado em sucessivos ciclos de síntese de oleato de etila. Após cada batelada, o meio reacional (fase líquida) foi removido com o auxílio de uma pipeta, mantendo a fase sólida (aerogel imobilizado) e, após, adicionado uma nova solução de ácido oleico e etanol. A atividade residual (AR) de cada ciclo foi calculada como apresentado na Equação (4).

$$AR\ (\%): \frac{AE\ no\ ciclo\ n}{AE\ no\ ciclo\ 1} x100 \quad (4)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Estabilidade de estocagem

Conforme os resultados apresentados no capítulo anterior, realizou-se a estabilidade de estocagem somente sob refrigeração. A Figura 1 apresenta a atividade residual para os xerogéis e aerogéis armazenados por um período de 350 dias.

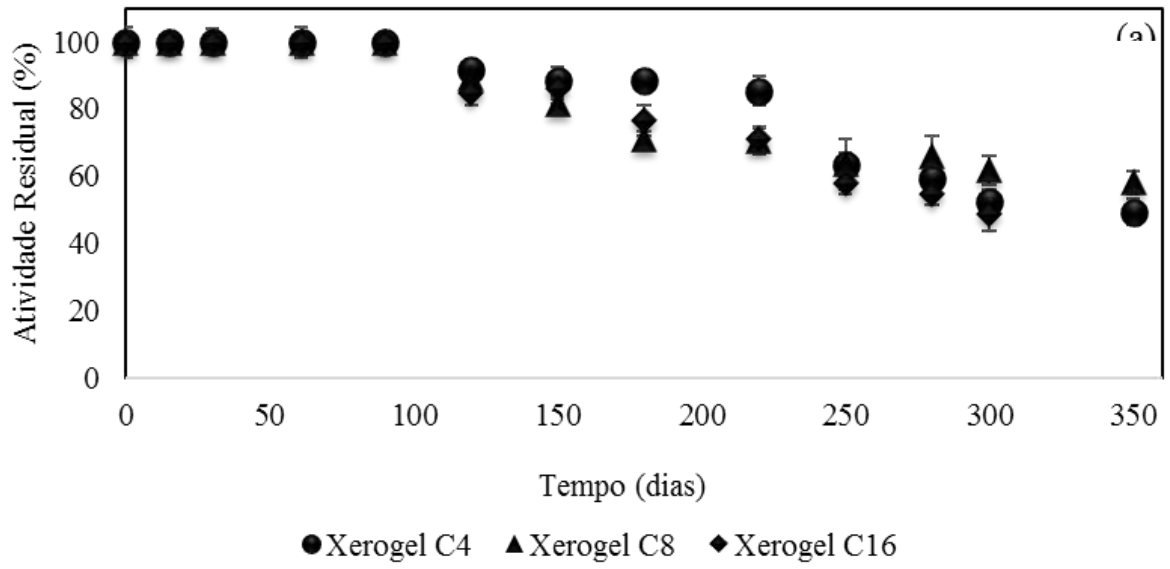


Figura 1. Atividade residual na estabilidade de estocagem em refrigeração da CALB imobilizada em sílica xerogel na presença de diferentes LIs

Para a estabilidade de estocagem em refrigeração, os três suportes apresentam maior tempo de estocagem quando comparado com a solução de enzima livre (105 dias). O maior tempo de armazenamento foi de 350 dias para o xerogel C8 com uma AR de 58%.

3.2 Estabilidade operacional

A estabilidade operacional verificada por meio da reutilização da lipase imobilizada é um fator importante para possíveis aplicações industriais, bem como para determinar a eficiência do processo de imobilização (Catone *et al*., 2013).

A estabilidade operacional dos xerogéis imobilizados utilizando diferentes LIs como aditivo foi verificado em regime de bateladas consecutivas com a reutilização do imobilizado, empregando como reação modelo a síntese do oleato de etila. Os resultados obtidos para a estabilidade operacional podem ser visualizados na Figura 2.

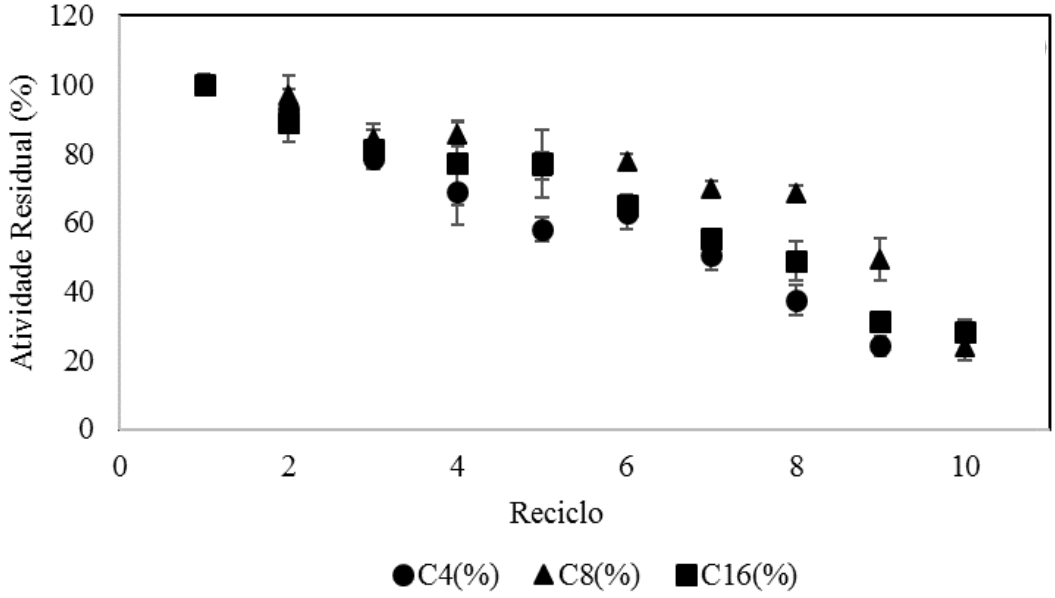


Figura 2. Estabilidade operacional da CALB imobilizada em sílica xerogel com o uso de diferentes líquidos iônicos como aditivo

Verifica-se que a atividade da lipase imobilizada, independente do suporte e do líquido iônico utilizado diminui à medida que aumenta o número de ciclos biocatalíticos. Os xerogéis apresentaram a possibilidade de reutilização, em média, por 13 vezes com AR superior a 50%.

A perda de atividade residual entre os ciclos normalmente esta vinculada a desativação enzimática ou perda de enzima da estrutura do suporte por lixiviação.

3.3 Estabilidade térmica

A estabilidade térmica foi avaliada por meio do cálculo da constante de desativação térmica (kd) e do tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) da lipase CALB imobilizada em xerogel com e sem a presença dos diferentes LIs utilizados como aditivo (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Constante desativação térmica (Kd), os coeficientes de determinação (R^2) e tempos de meia vida (t1/2) da lipase CALB livre e imobilizada em xerogel sem a presença de aditivo LIs

	Xerogel puro			CALB livre		
Temperatura (ºC)	K_d (h^{-1})	R^2	$t_{1/2}$ (h)	K_d (h^{-1})	R^2	$t_{1/2}$ (h)
40	0,10	0,96	0,12	0,12	0,91	8,77
50	0,16	0,92	0,34	0,34	0,91	7,77
60	0,22	0,92	0,42	0,42	0,86	3,34
70	0,54	0,98	1,06	1,06	0,92	1,38
80	1,26	0,98	1,48	1,48	0,94	0,61

Tabela 2. Constante desativação térmica (Kd), os coeficientes de determinação (R^2) e tempos de meia vida (t1/2) da lipase CALB imobilizada em xerogel na presença de aditivo LIs

	Xerogel C_4			Xerogel C_8			Xerogel C_{16}		
Temperatura (ºC)	K_d (h^{-1})	R^2	$t_{1/2}$ (h)	K_d (h^{-1})	R^2	$t_{1/2}$ (h)	K_d (h^{-1})	R^2	$t_{1/2}$ (h)
40	0,08	0,91	8,77	0,06	0,91	12,26	0,09	0,97	7,70
50	0,09	0,91	7,77	0,07	0,96	10,21	0,15	0,96	4,48
60	0,21	0,86	3,34	0,08	0,91	8,54	0,21	0,95	3,29
70	0,50	0,92	1,38	0,38	0,94	1,80	0,50	0,95	1,38
80	1,13	0,94	0,61	0,73	0,93	0,95	1,21	0,93	0,57

Todas as condições de imobilização da lipase em xerogel sem e com a presença de diferentes LIs como aditivo apresentaram valores de Kd menores e tempos de meia vida (t1/2) maiores aos obtidos para a enzima livre. Esse comportamento indica que a estabilidade térmica da enzima imobilizada (independente do tipo de suporte e aditivo utilizado) é maior do que a da enzima livre, sugerindo que os suportes em estudo atuam protegendo a enzima dos efeitos negativos da temperatura em relação a sua conformação ativa (Zibiolo *et al*., 2014; Yang *et al*., 2010).

Em relação aos LIs, o C16 apresentou valores semelhantes nos dois tipos de suportes quando comparado a suas matrizes puras. O LIs C8 apresentou maior estabilidade para os dois suportes em comparação aos outros LIs utilizados, com o xerogel apresentando, em comparação a todos os outros suportes testados, melhor desempenho na estabilidade térmica em todas as temperaturas. O maior aumento do tempo de meia vida foi de 165% (em comparação ao xerogel puro) na temperatura de 60°C. Esses resultados podem estar vinculados a presença de maior quantidade de água na matriz do xerogel, consequencia do processo empregado na secagem do imobilizado o qual é conduzido a temperatura ambiente, proporcionando que todo o aditivo utilizado permanece no suporte.

Estas observações sugerem que o processo de imobilização pode proteger as moléculas enzimáticas contra alterações conformacionais causadas pelas altas temperaturas, resultando em uma melhoria na estabilidade térmica da lipase (Jia *et al*., 2013), permitindo assim que estes imobilizados sejam empregados em sistemas reacionais que requerem maiores temperaturas.

4. CONCLUSÃO

O processo de imobilização proporcionou um aumento da estabilidade térmica, de estocagem e operacional em relação à enzima livre. A estabilidade de estocagem por longos períodos é um dos principais fatores a ser considerado quando se utiliza lipases imobilizadas, estes resultados demonstram que um fator importante é a forma como os são estocados, apresentando maior atividade residual quando armazenados sob refrigeração. Em relação à estabilidade operacional os resultados demonstraram a possível reutilização dos imobilizados 13 vezes com AR superior a 50%, comprovando a eficiência do método empregado para a imobilização, sendo esta uma das principais vantagens sobre a enzima livre. Para a estabilidade térmica, nas temperaturas acima de 50°C, as lipases imobilizadas apresentaram para a lipase imobilizada valores de Kd menores e tempos de meia vida ($t_{1/2}$) maiores aos obtidos para a enzima livre o que demonstra a estabilidade térmica da enzima imobilizada maior do que a da enzima livre, sugerindo que o suporte em questão atua protegendo a enzima dos efeitos negativos da temperatura, possibilitando seu emprego em processos que requerem maiores temperaturas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI-Erechim, CAPES e CNPq.

6. REFERÊNCIAS

Alvarez, V. H., Mattedi, S., Martin-Pastor, M., Aznar, M. e Iglesias, M. Thermophysical properties of binary mixtures of {ionic liquid 2-hydroxy ethylammonium acetate + (water, methanol, or ethanol)}. Journal Chemistry Thermodynamics, v. 43, p. 997-1010, 2011.

Aslanov, L. A. Ionic liquids: Liquid structure. Journal of Molecular Liquids, v. 162, p. 101-104, 2011.

Cantone, S., Ferrario, V., Corici, L., Ebert, C., Fattor, D., Spizzo, P. e Gardossi, L. Efficient immobilisation of industrial biocatalysts: Criteria and constraints for the selection of organic polymeric carriers and immobilisation methods. Chemical Society Reviews, v. 42, p. 6262-6276, 2013.

Ficanha, A. M. M., Levandoski, K., Mignoni, M. L. e Dallago, R. M. Estudo da imobilização de lipase em sílica obtida pela técnica sol-gel. Química Nova, v. 38, p. 364-369, 2015.

Garcia-Galan, C., Berenguer-Murcia, A., Fernandez-Lafuente, R. e Rodrigues, R. C. Potential of different enzyme immobilization strategies to improve enzyme performance. Advanced Synthesis & Catalysis, v. 353, p. 2885-2904, 2011.

Jesionowski, T., Zdarta, J. e Krajewska, B. Enzymes immobilization by adsorption: a review. Adsorption, v. 20, p. 801-821, 2014.

Jia, J., Hu, Y., Liu, L., Jiang, L., Zou, B. e Huang, H. Enhancing catalytic performance of porcine pancreatic lipase by covalent modi- fication using functional ionic liquids. ACS Catalysis, v. 3, p. 1976-1983, 2013.

Mignoni, M. L. Zeólitas obtidas com líquidos iônicos como direcionadores de estrutura: síntese e reatividade. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

Ríos, A. P., Rantwijk, F. e Sheldon, R. A.; Effective resolution of 1-phenyl ethanol by Candida antarctica lipase B catalysed acylation with vinyl acetate in protic ionic liquid (PILs). Green Chemistry, v. 14, p. 1584-1588, 2012.

Yang, G., Wu, J., Xu, G., e Yang, L. Comparative study of properties of immobilized lipase onto glutaraldehyde-activated aminosilica gel via different methods. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, v. 78, p. 351-35, 2010.

Zdarta, J. e Jesionowski, T. Luffa cylindrica sponges as a thermally and chemically stable support for Aspergillus niger lipase. Biotechnology Progress, v. 32, p. 657-665, 2016.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DA ESTABILIDADE OPERACIONAL DA ENZIMA NS-40116 IMOBILIZADA PELA TÉCNICA SOL-GEL COM DIFERENTES CATALISADORES

Tuany Camila Honaiser
Bruna Maria Saorin Puton
Carolina Elisa Demaman Oro
Marcelo Luis Mignoni
Natalia Paroul
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
tuany.honaiser@ifsc.edu.br
brunnamariasm3@gmail.com
carolinae.oro@hotmail.com
mignoni@uricer.edu.br
nparoul@uricer.edu.br
Débora de Oliveira
José Vladimir de Oliveira
Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis – SC, CEP 88040-900, Brasil.
debora.oliveira@ufsc.br
jose.vladimir@ufsc.br

Resumo. *O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade operacional (reciclos) da lipase NS-40116 de* Thermomyces lanuginosus, *imobilizada pela técnica de sol-gel. Como precursor da sílica foi utilizado tetraetilortosilicato (TEOS), e foram avaliados ainda três catalisadores: um ácido (HCl), um básico (NH_4OH) e outro nucleofílico (HBr) para a formação sol-gel. A estabilidade operacional foi avaliada através da medida de atividade de esterificação dos derivados obtidos, comparados com a enzima livre por meio da reação de síntese de oleato de etila utilizando ácido oleico e álcool etílico na razão molar de 1:1 a 40°C. As reações foram repetidas até o imobilizado chegar a uma atividade residual próxima a 50 % da atividade inicial. Os resultados demonstram a possibilidade de reutilizar o derivado básico por até três vezes, e os derivados ácido e nucleofílico por duas vezes, considerando 50% de atividade residual.*

Palavras-chave: *sol-gel, imobilização,* Thermomyces lanuginosus.

1. INTRODUÇÃO

Pode-se definir as enzimas como catalisadores biológicos que aumentam a velocidade das reações químicas que ocorrem nas células e organismos sem se alterarem. Na larga maioria dos casos são proteínas apesar de já existirem exemplos importantes de RNAs catalíticos ou ribozimas com atividade catalítica (Weil, 2000).

As lipases são enzimas comumente encontradas na natureza, podendo ser obtidas a partir de fontes animais, vegetais e microbianas. Atuam em reações de esterificação e interesterificação bem como, catalisam hidrólise de gorduras e óleos, liberando ácidos graxos, diacilgliceróis, monoacilgliceróis e glicerol (Granda *et al*., 2008; Barbosa *et al.*, 2011; Zanette *et al*., 2014). Apresentam importância relevante para a indústria, devido a sua versatilidade. Seu uso está associado a produção de aromas, hidrólise de gorduras, modificação de sabor, remoção de lipídios, entre outros.

Em alguns casos o uso de enzimas pode ser limitado por alguns fatores, como: instabilidade enzimática, dificuldade de recuperação e reuso da enzima. Para contornar estes problemas, diferentes estratégias têm sido estudadas, como por exemplo, desenvolvimento de materiais e técnicas para imobilização enzimática. A imobilização enzimática consiste no confinamento da enzima em um suporte sólido para posterior reutilização do biocatalisador, visa diminuir tais limitações. Inúmeros são os métodos para imobilizar enzimas, dentre os mais estudados estão: confinamento, encapsulamento, ligação ao suporte (ligação iônica, adsorção, Van der Walls) e ligação intercruzada (Forde e Ó'fágáin, 2008).

O encapsulamento através de sol-gel provou ser uma técnica versátil para a imobilização de uma grande variedade de biomoléculas. A hidrólise deste processo ocorre de forma relativamente lenta, o que torna necessário o uso de

catalisadores, a natureza do catalisador, ácido ou básico, influencia diretamente na cinética de reação, assim como, na estrutura final do gel (Kandimalla *et al*., 2006; Encarnación, 2014).

Se a hidrólise for catalisada por base, a reação deve se processar através de uma substituição nucleofílica, e a velocidade de hidrólise será maior que a velocidade de condensação, levando à formação de cadeias mais ramificadas no início do processo. Se a hidrólise for catalisada por ácido, vai ocorrer uma reação eletrofílica, e a velocidade da condensação será maior que a da hidrólise, levando à formação de cadeias mais longas e menos ramificadas no início do processo (José e Prado, 2005).

A reutilização de enzimas em mais de um ciclo de reação é um dos principais objetivos da imobilização, este fato é importante para as lipases devido ao seu preço, visto que, o custo da enzima é um dos principais problemas quando se refere a sua aplicação industrial. Normalmente, considera-se que uma enzima pode ser reutilizada até a sua atividade ser próxima a 50% do valor da atividade inicial (Ficanha *et al*., 2015).

O trabalho teve por objetivo avaliar a estabilidade operacional (reciclos) da lipase NS-40116 de *Thermomyces lanuginosus*, imobilizada pela técnica de sol-gel com uso de diferentes iniciadores de reação.

2. METODOLOGIA

2.1 Imobilização da enzima NS-40116

A lipase foi imobilizada pela metodologia adaptada da descrita por Soares *et al*. (2006). Inicialmente, 5 mL de TEOS foram dissolvidos em 5 mL de etanol absoluto. Após a dissolução, adicionou-se 1,61 mL de água destilada e três gotas do catalisador, em uma proporção molar de água e TEOS de 4:1. Como catalisadores da reação de condensação utilizou-se ácido clorídrico (ácido), hidróxido de amônio (básico) e ácido bromídrico (nucleofílico).

Posteriormente, o sistema reacional foi submetido a uma etapa de agitação, em agitador orbital (shaker), a 40 °C, 180 rpm, por um período de 90 minutos. Passado este período, fez-se a adição de 1 mL da solução enzimática (160 $mg.mL^{-1}$). O sistema reacional foi mantido em condições estáticas por 24 horas para completar a condensação química. Após este tempo, o suporte foi acondicionado em dessecador a vácuo por mais 24 horas para completa secagem e evaporação da água. Posteriormente o imobilizado foi peneirado, de modo a padronizar a granulometria.

2.2 Avaliação da atividade enzimática

Devido à ausência de uma metodologia definida na literatura, a estabilidade operacional do reuso foi realizada de forma direta. As atividades de esterificação foram determinadas nos derivados através da reação de síntese de oleato de etila utilizando ácido oleico e álcool etílico na razão molar de 1:1 (mistura padrão), conforme descrito por Ferraz *et al*. (2012). A reação foi iniciada pela adição da enzima imobilizada, aproximadamente 0,1 g, em 5 mL da mistura padrão. A reação foi conduzida em frascos de vidro fechados a 40 °C, em agitador orbital a 160 rpm, durante 40 minutos. Alíquotas de 0,5mL foram retiradas do meio reacional em triplicata. A cada amostra foram adicionados 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1:1) (v/v) para paralisar a reação. A quantidade de ácido oleico consumido foi determinado por titulação com NaOH 0,05 M até o meio atingir pH 11. Os ensaios dos brancos das amostras continham 0,5 mL da mistura padrão e 15 mL da solução de acetona-etanol.

Após os 40 minutos de reação, o meio reacional foi removido do sistema, fez-se nova adição dos substratos (ácido oleico e etanol), levou-se a amostra para nova reação. A cada troca do meio reacional, mediu-se a atividade enzimática.

Uma unidade de atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima que consome 1 μmol de ácido graxo por minuto, calculada pela Eq. 1.

$$AE = \frac{(Vb - Va) * M * 1000 * Vf}{t * m * Vc} \quad (1)$$

Onde:
AE : Atividade de esterificação (U/g);
Va : Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada após 40 minutos (mL);
Vb : Volume de NaOH gasto na titulação da amostra do branco (mL);
M : Molaridade da solução de NaOH;
Vf : Volume total de meio reacional (mL);
t : Tempo (minutos);
m : Massa da solução enzimática ou do suporte utilizado (g);

2.3 Determinação do rendimento da imobilização

O rendimento do derivado imobilizado foi calculado a partir da Eq. 2.

$$R(\%) = \frac{AT}{AA} * 100 \quad (2)$$

Onde:
AT: Atividade de esterificação total do derivado;
AA: Atividade de esterificação total presente na massa de enzima livre adicionada na imobilização.

2.4 Estabilidade operacional (reusos)

Para avaliar a estabilidade reacional da lipase imobilizada foram realizadas as reações de esterificação do ácido oleico com etanol. Onde, após os 40 minutos de reação, o meio reacional foi removido do sistema, fez-se nova adição dos substratos (ácido oleico e etanol), levou-se a amostra para nova reação. A cada troca do meio reacional, mediu-se a atividade enzimática. As reações foram repetidas até o derivado chegar a uma atividade residual maior ou igual a 50 % da atividade inicial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Cabral *et al*. (2003) a produção de matrizes sol-gel é iniciada pela hidrólise parcial dos precursores (silicatos de alquilo ou alcoxisilanos), resultando em um oligômero que pode ser transesterificado com glicerol. O oligômero presente é totalmente hidrolisado, formando -se uma dispersão coloidal (sol), sendo adicionada uma solução contendo o biocatalisador, dando início ao processo de policondensação, fase esta que pode ser verificada na Fig. 1, sendo A1 e A2 para o catalisador ácido e nucleofílico, e B1 e B2 para o catalisador básico.

O termo sol é utilizado para definir uma dispersão de partículas coloidais (dimensão entre 1 e 100 nm) estáveis em um fluido, enquanto o termo gel pode ser definido como um sistema formado pela estrutura rígida de partículas coloidais (gel coloidal) ou de cadeias poliméricas (gel polimérico) que imobiliza a fase líquida nos seus interstícios (Alfaya e Kubota, 2002).

Nas etapas A3 e B3 é possível verificar a formação da fase gel, nesta etapa a solução ou sol transforma-se em gel pelo estabelecimento de ligações químicas entre as partículas ou entre as espécies moleculares, levando à formação de uma rede sólida tridimensional (Hiratsuka *et al*., 1995).

As imagens A4 e B4 demonstram o produto final chamado xerogel quando seco em temperatura ambiente, resultante do processo de poli condensação da fase gel contendo a enzima encapsulada (Cabral *et al*., 2003).

Figura 1. Desenvolvimento da técnica sol-gel.

Sendo: A1 – Fase inicial dissolução de TEOS, etanol, água, catalisador (ácido ou nucleofílico); A2 – Após 90 min. Em agitador orbital a 40°C; A3 – Adição da enzima e de solução hidrolisante; A4 – Produto final pós secagem. B1 – Fase inicial dissolução de TEOS, etanol, água, catalisador (básico); B2 – Após 90 min. Em agitador orbital a 40°C; B3 – Adição da enzima; B4 – Produto final pós secagem.

3.1 Determinação da atividade de esterificação e do rendimento da imobilização da enzima ns-40116

A Tabela 1 apresenta a massa obtida de imobilizado, a atividade do imobilizado por grama, e os rendimentos obtidos da imobilização de xerogel ácido, básico e nucleofílico.

Tabela 1. Rendimento da imobilização da enzima lipase NS-40116 em xerogel ácido, básico e nucleofílico.

Xerogel	PS (g)	AE (U/g)	R (%)
Ácido	5,31	365,97	708
Básico	5,34	787,31	1533
Nucleofílico	5,25	268,82	514

PS: peso seco do imobilizado; AE: atividade de esterificação por grama do imobilizado; R: rendimento do derivado;

Através da Tabela 1, é possível observar que o imobilizado que apresentou a maior atividade enzimática, bem como maior rendimento (1533%) foi o xerogel básico. Bordinhão *et al*. (2015) imobilizaram lipase de *Thermomyces lanuginosus* por ligação covalente uni e multipontual em quitosana e obtiveram rendimentos que variaram de 16,6 até 94,1%. Ficanha *et al*. (2015) ao imobilizar lipase Cal-B pelo método sol-gel, verificaram maior rendimento do imobilizado nucleofílico (92,32%).

3.2 Estabilidade operacional – reuso

A estabilidade operacional de reuso da lipase NS-40116 imobilizada em sol-gel foi avaliada em reuso contínuo e os resultados são apresentados na Fig. 2.

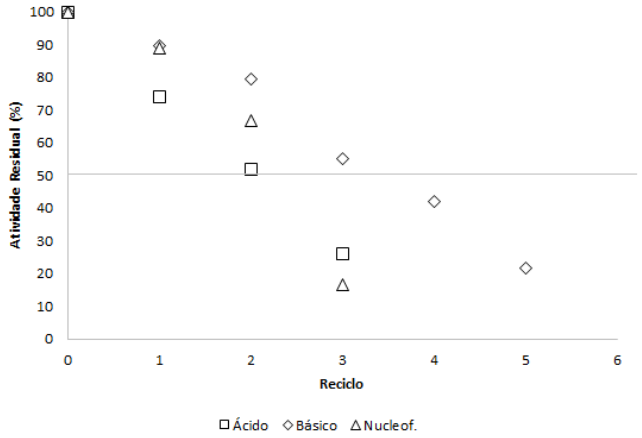


Figura 2. Estabilidade operacional (reciclo) da lipase NS-40116.

De acordo com a Fig. 2 a amostra que apresentou melhor resultado foi o imobilizado básico que manteve mais que 50% de atividade residual após 3 reciclos. A amostra ácida apresentou 56% de atividade residual no segundo reciclo e 29% no terceiro. Cabe ressaltar que o decréscimo da atividade catalítica com consequência da redução da atividade residual pode estar relacionada à desnaturação da enzima ou também por lixiviação no decorrer dos reciclos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Souza *et al*. (2012) ao observar que a lipase de *Bacillus* sp. imobilizada pela técnica de sol-gel usando Aliquat 336 como aditivo, manteve até 50% da atividade inicial após 3 ciclos de reuso. Já Braga *et al*. (2014) relataram que a enzima β-galactosidase imobilizada em Eupergit®C mostrou que o sistema enzima/suporte manteve até 50% da atividade inicial após 5 ciclos de utilização. Antunes *et al.* (2015) observaram que a lipase Candida antarctica B imobilizada em poliuretano de densidade D30 e D18, apresentou um número de reciclos igual a 5, com atividade residual em torno de 50% no 5 reciclo.

Ficanha (2014) imobilizou Candida antarctica B através da técnica sol-gel e obteve o melhor resultado com o derivado básico com PEG que apresentou 5 reusos.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados é possível concluir que a imobilização da lipase NS-40116 pelo método sol-gel permite a reutilização dos derivados. O uso do catalisador básico demonstrou melhores resultados quando comparado ao ácido e nucleofílico.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI – Erechim pela realização da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

Alfaya, A.; Kubota, L. T. A. 2002. "Utilização de materiais obtidos pelo processo de sol-gel na construção de biossensores*." Química Nova*, v. 25, p. 935-841.

Antunes, A. et al. 2015. **"**Estudo da estabilidade operacional em reciclo contínuo direto da lipase B de Candida antarctica imobilizada em espuma flexível de PU de 30 e 18"**.** In: *XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química de Iniciação Científica*, Campinas – SP.

Barbosa, J.M.P. et al. 2011. "Purification of lipase produced by a new source of *Bacillus* in submerged fermentation using an aqueous two-phase system." *Journal of Chromatography*, v. 879, p. 3853-3858.

Bordinhão, C. et al. 2015. "Estudo das condições de imobilização da lipase de *Thermomyces lanuginosus* para produção de biodiesel." In: XI *Congresso Brasileiro de Engenharia Química para Iniciação Científica* – Anais do XI COBEQIC, Campinas - SP.

Braga, A.R.C. et al. 2014. "A new approach to evaluate immobilization of β-galactosidase on eupergit ® c: structural, kinetic, and thermal characterization." *Química Nova*, v. 37, n. 5, p. 796-803.

Cabral, J.M.S. et al. 2003. *Engenharia Enzimática*. Ed. Lidel- Edições Técnicas, Lisboa.

Encarnación, R. A. B. 2014. *Preparação via processo sol-gel de catalisadores a base de níquel na reação de deslocamento gás-água: Efeito do ácido fosfotungstico e organosilanos***.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – USP, São Paulo.

Ferraz. R. et al. 2012. "Production and partial characterization of multifunctional lipases by Sporobolomyces ruberrimus using soybean meal, rice meal and sugarcane bagasse as substrates". *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 1, p. 243-252.

Ficanha, A. M. M. 2014. *Imobilização de lipase de Candida antarctica B (CAL B) pela técnica de sol-gel.* Dissertação de Mestrado. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Erechim-RS.

Ficanha, A. M. M. et al. 2015. "Estudo da imobilização de lipase em sílica obtida pela técnica sol-gel." *Química Nova*, v. 38.

Forde, J.; Ó Fágáin, C. 2008. *Immobilized enzymes as industrial biocatalisys*. In: FLYNE, W. G. (Ed.) Biotechnology and Bioengineering. New York: Nova Science Publishers, p. 9-36.

Granda, K. M. et al. 2008. "Aplicação de lipase e monoglicerídeo em pão de forma enriquecido com fibras." *Ciência e Tecnologia de Alimentos,* v.28, n. 1.

Hiratskuka, R. S., et al. 1995. "O processo sol-gel: uma visão físico-química." *Química Nova*, v. 18, p. 171-180.

José, M. N. e Prado, L. A. S. A. 2005. "Materiais híbridos orgânicos e inorgânicos: preparação e algumas aplicações." *Química Nova*, v. 28, p. 281-288.

Kandimalla, V.B. et al. 2006. "Immobilization of biomolecules in sol-gels: biological and analytical applications." *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. v.36, p. 73–106.

Soares, C. M. F. et al. 2006. "Characterization of sol-gel encapsulated lipase using tetraethoxysilane as precursor." *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v. 39, p. 69-76.

Souza, R. L. et al. 2012. Influence of the use of Aliquat 336 in the immobilization procedure in sol-gel of lipase from *Bacillus* sp. ITP-001. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v. 84, p.152-159.

Weil, J. 2000. *Bioquímica Geral.* 2 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Zanette, A. F., et al. 2014. "Imobilização de lipases regiosseletivas em matrizes sol-gel e reação parcial de hidrólise." *Journal of Exact Sciences*, v.3, n.1, p.05-08.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PERFIL DE VISCOSIDADE DE DIFERENTES SOLUÇÕES DE GOMA XANTANA

Raíza de Almeida Mesquita[1]
Guilherme de Souza Hassemer[1]*
Bruna Maria Saorin Puton[1]
Ilizandra Aparecida Fernandes[1]
Jamile Zeni[1]
Rogério Cansian[1]

[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim
**guiherme.hassemer@hotmail.com*

Abstract. *A goma xantana é um composto natural de grande importância na indústria de alimentos, sendo aplicada como agente espessante e estabilizante. Este polissacarídeo de origem microbiana produzido por* Xanthomonas campestris. *A goma xantana possui grande estabilidade térmica no que se refere a sua viscosidade. Considerando isto, o presente trabalho buscou verificar o comportamento de diferentes soluções de goma xantana (0,2 %, 0,4 % e 0,6 % m/v) em diferentes temperaturas (20 ºC, 40 ºC e 60 ºC) em relação a taxa de cisalhamento. Os testes concluíram que a viscosidade aumentou juntamente com a concentração de goma; percebeu-se ainda que a temperatura auxiliou na redução da viscosidade, uma vez que quanto menor a temperatura, maior a taxa de cisalhamento necessária.*

Keywords: *goma xantana, viscosidade.*

1. INTRODUÇÃO

Popularizada na década de 1960 e liberada pelo FDA em 1968, a goma xantana é muito utilizada até hoje na indústria de alimentos, sobretudo devido as suas propriedades espessantes e estabilizantes. A xantana é um polissacarídeo de origem microbiana, sintetizado pela bactéria *Xanthomonas campestris*, um microrganismo fitopatogênico e deteriorante para diversos tipos de hortaliças como brócolis, maracujá, pimentão, dentre outros (Mello & Scamparini, 2009; Whistler & BeMiller, 1993).

A goma xantana apresenta também alta estabilidade em uma grande faixa de pH (1 a 13), porém em ambientes com pH acima de 9 o processo de desacetilação é iniciado, causando mínimas alterações nas propriedades reológicas da goma (Sharma, Naresh, & Dhuldhoya, 2006). No que se refere a temperatura, Urlacher & Noble (1997) trazem que a goma permanece estável em temperaturas de 10 ºC a 90 ºC com a presença de sais causando poucas alterações na viscosidade. Ainda sobre a viscosidade da goma, é importante considerar que a temperatura de dissolução afeta a viscosidade, uma vez que a temperatura pode alterar a conformação helicoidal da molécula reduzindo a viscosidade (García-Ochoa, Casas, & Mohedano, 1993; Horton, Mols, Walaszek, & Wernau, 1985).

Considerando isto, o objetivo do presente trabalho é verificar a estabilidade da viscosidade de diferentes concentrações de goma xantana comercial em função da temperatura (20 ºC, 40 ºC e 60 ºC) e tensão de cisalhamento com o intuito de comparar os valores com futuros trabalhos de produção em situ.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Materias e Métodos

Para a execução das medidas de viscosidade, utilizou-se goma xantana 200 mesh F.C.C. (Deosen, China) em concentrações de 0,2 %, 0,4 % e 0,6 % (m/v). As soluções foram analisadas em um viscosímetro Helipath DV-III (Brookfield, Estados Unidos) utilizando os parâmetros listados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros empregados na avaliação da viscosidade de goma xantana comercial em diferentes concentrações

Concentração de Goma (m/v)	Temperatura (ºC)	Velocidade (RPM)	Spindle
0,2 %	20	160	31
	40	110	31
	60	150	31
0,4 %	20	150	31
	40	100	31
	60	100	31
0,6 %	20	120	34
	40	50	31
	60	50	31

2.2 Resultados e Discussão

Os resultados encontrados após as análises (Fig. 1) indicam que a viscosidade aumenta de acordo com a concentração de goma empregada, sendo que Zhong *et al.* (2013) e Choppe *et al.* (2010) encontraram resultados similares, afirmando que em concentrações maiores ou iguais a 2 g·L-1 a viscosidade aumenta exponencialmente de acordo com a quantidade de goma. Comparando ainda os dados obtidos neste estudo com os de Zatz *et al.* (1984), percebe-se que as soluções apresentaram características de pseudoplásticos. É interessante, no entanto, observar que nas amostras que utilizaram 0,6 % de goma, a taxa de viscosidade encontrada na temperatura de 60 ºC se apresentou mais baixa que os valores obtidos em 40 ºC. Este comportamento pode decorrer do efeito da temperatura na solubilização da goma, contudo não há uma explicação clara na literatura que justifique este comportamento.

Outro ponto de interesse é que a adição de sais as soluções de goma podem impactar significativamente na taxa de cisalhamento

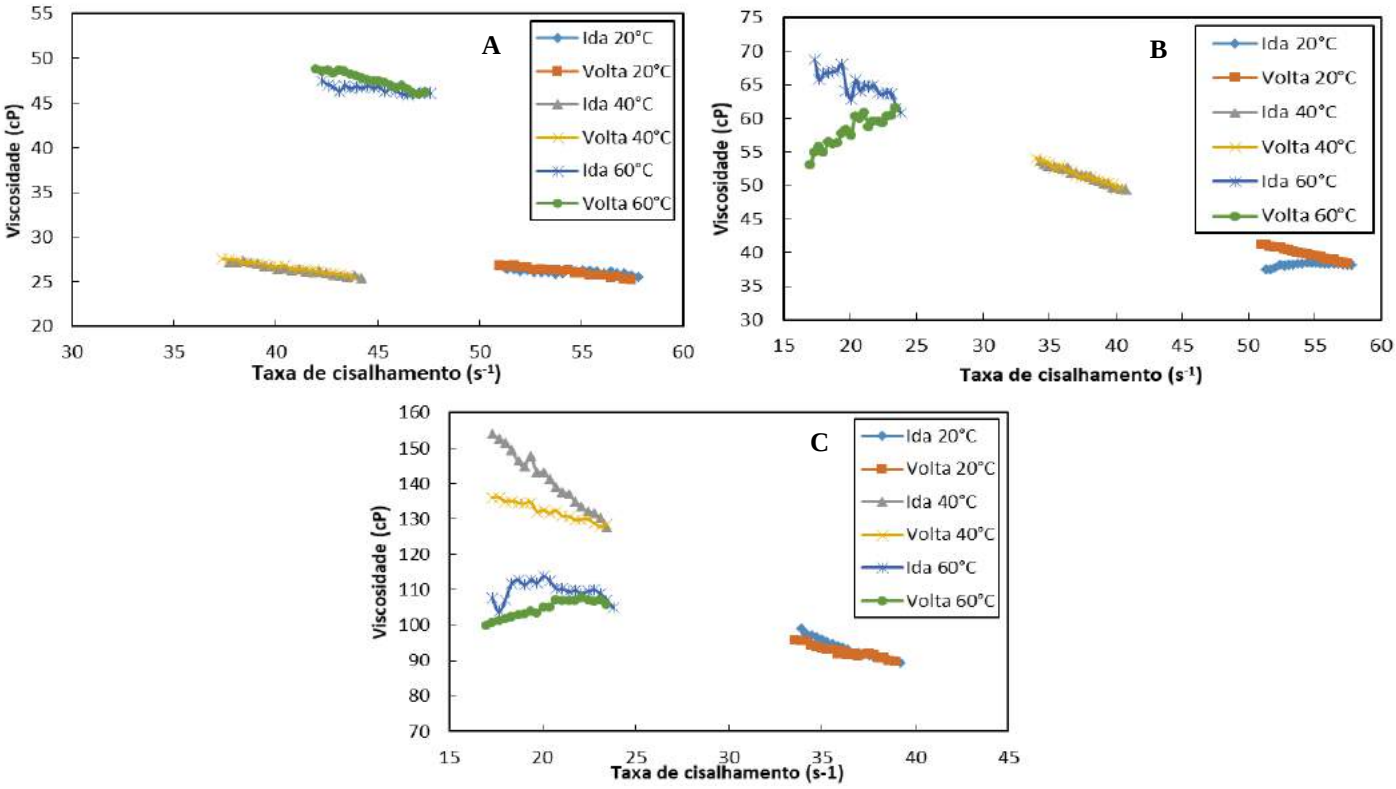


Figura 1. Viscosidade de soluções de goma xantana 0,2 % (A), 0,4 % (B) e 0,6 % (C) em diferentes temperaturas em função da taxa de cisalhamento

2.3 Conclusão

Os resultados encontrados estão de acordo com os valores encontrados na literatura, considerando que a viscosidade amentou juntamente com a concentração. Entretanto, seria necessário realizar uma avaliação do efeito da adição de sais às soluções, uma vez que a presença dos mesmos pode impactar significativamente no comportamento da goma, reduzindo o efeito da temperatura em relação a perda de viscosidade. Assim, sendo, mais estudos são necessários para poder verificar o comportamento completo da goma xantana aqui utilizada.

3. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos seguintes órgãos de fomento: CNPQ, CAPES & URI

4. REFERÊNCIAS

Choppe, E., Puaud, F., Nicolai, T., & Benyahia, L. (2010). Rheology of xanthan solutions as a function of temperature, concentration and ionic strength. *Carbohydrate Polymers*, *82*(4), 1228–1235. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.06.056

García-Ochoa, F., Casas, J. A., & Mohedano, A. F. (1993). Xanthan Precipitation from Solutions and Fermentation Broths. *Separation Science and Technology*, *28*(6), 1303–1313. https://doi.org/10.1080/01496399308018038

Horton, D., Mols, O., Walaszek, Z., & Wernau, W. C. (1985). Structural and biosynthetic studies on xanthan by 13C-n.m.r. spectroscopy. *Carbohydrate Research*, *141*(2), 340–346. https://doi.org/10.1016/S0008-6215(00)90467-1

Mello, M. D. L., & Scamparini, A. R. P. (2009). Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação. *Estudos Tecnológicos*, *5*(1), 50–67. https://doi.org/10.4013/ete.2009.51.04

Sharma, B. R., Naresh, L., & Dhuldhoya, S. U. (2006). Xanthan Gum - A Boon to Food Industry. *Food Promotion Chronicle*, *1*(5), 27–30. Retrieved from http://lucidcolloids.com/pdf/xanthan.pdf

Urlacher, B., & Noble, O. (1997). Xanthan gum. In *Thickening and Gelling Agents for Food* (pp. 284–311). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2197-6_13

Whistler, R. L., & BeMiller, J. N. (1993). *Industrial gums : polysaccharides and their derivatives*. Academic Press. Retrieved from http://www.sciencedirect.com/science/book/9780080926544

Zatz, J. L., Knapp, S., Kim, K. Y., Colwell, R. E., Darke, A., & Jeanes, A. (1984). Viscosity of xanthan gum solutions at low shear rates. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, *73*(4), 468–71. https://doi.org/10.1002/JPS.2600730410

Zhong, L., Oostrom, M., Truex, M. J., Vermeul, V. R., & Szecsody, J. E. (2013). Rheological behavior of xanthan gum solution related to shear thinning fluid delivery for subsurface remediation. *Journal of Hazardous Materials*, *244–245*, 160–170. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.11.028

5. TERMO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CARACTERIZAÇÃO POR UV-VIS E DRX DA SÍNTESE INTERFACIAL DE POLIANILINA

Bruno Eduardo Kozerski Giaretton
Janine Martinazzo
Alexandra Nava Brezolin
Alana Marie de Cezaro
Aline Andressa Rigo
Daniela Kunkel Muenchen
Alexandra Manzoli
Ari Luiz Nava
Clarice Steffens
Juliana Steffens
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
brunoeduardo.bz@gmail.com , janinemartinazzo@yahoo.com.br, alexandra.nava@gmail.com, alana.cezaro@gmail.com, aline.andressa@hotmail.com, danimuenchen@yahoo.com.br, alexxiamanzoli@gmail.com, nari@uricer.edu.br, clarices@uricer.edu.br, julisteffens@uricer.edu.br

Maria Carolina Blassioli-Moraes
Laboratório de Semioquímicos Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia Parque Estação Biológica Final W5 Norte70.770-917 - Brasília – DF
carolina.blassioli@embrapa.br

Resumo. *O objetivo do estudo foi sintetizar a polianilina (Pani) pela técnica interfacial e caracterizá-la por meio das técnicas de espectroscopia no ultravioleta-visível (UV-Vis) e difratometria de raios X (DRX). Para síntese interfacial da Pani, em que são necessárias duas fases imiscíveis, uma das fases foi composta pelo monômero, anilina, e um solvente orgânico e a outra por um oxidante dissolvido em HCl 1 mol. L^{-1}, e no final do processo obteve-se um pó verde escuro que foi armazenado em frasco âmbar para caracterização. As análises de UV-Vis (200-1000 nm) demostraram bandas de absorção em 240 nm, 300 nm e 470 nm, características das transições de elétrons entre os anéis benzenóides e quinóides da Pani e em 800 nm, relacionada ao processo de dopagem. A análise de DRX, mostrou picos característicos em 9, 15, 19, 21 e 25º, relacionados a estrutura cristalina da Pani e um 6,5º, relacionados a formação de nanofibras. Os resultados mostraram que a Pani foi sintetizada pela técnica interfacial de forma eficiente, apresentando estrutura cristalina e se encontra no estado dopado, características importantes para utilização no desenvolvimento de sensores.*

Palavras-chave: *interfacial, UV-Vis, DRX, Pani.*

1. INTRODUÇÃO

A polianilina (Pani) apresenta uma série de características que a destacam entre os polímeros condutores, como polimerização simples, baixo custo do seu monômero e estabilidade, além de ser o único polímero condutor onde a sua condutividade é controlada pelos níveis de dopagem e apresenta a mais rápida adsorção/dessorção de vapores (Ostwal, *et al*., 2009). A Pani se apresenta como um material heterogêneo, possuindo regiões altamente cristalinas condutoras e regiões amorfas isolantes. A dopagem com ácido melhora a organização e consequentemente, sua condutividade (Fratoddi, *et al*., 2015).

A formação do polímero pode ser realizada por nucleação homogênea ou heterogênea e existem diferentes métodos para sintetizar a Pani e geralmente são escolhidos em função da aplicação, podendo ser sintetizada por meio da oxidação química ou eletroquímica da anilina em meio ácido (Wang, *et al*., 2009).

A síntese química convencional possui a grande vantagem de produzir um polímero de alta massa molecular e de elevada pureza, que pode ser obtido diretamente no estado dopado, em grandes quantidades, na forma de um pó verde (estado de oxidação esmeraldina). Por outro lado, a síntese eletroquímica da polianilina não necessita de agente oxidante e catalisador (Medeiros, *et al*., 2012).

A síntese química é o método mais comum de polimerização da anilina pois apresenta o melhor rendimento (Heeger, 2001). A polimerização envolve a oxidação direta dos monômeros de anilina por oxidação química. As sínteses mais utilizadas são a polimerização *in situ* e a interfacial (Rakić, *et al*., 2014).

Na síntese interfacial, o mecanismo de polimerização oxidativa ocorre na interface de duas fases imiscíveis, sem a necessidade de agitação, o pH é ácido e pode ser realizada a temperatura ambiente. No caso da polimerização da anilina (monômero), a mesma é solubilizada em solvente orgânico (tolueno, diclorometano, clorofórmio) e o agente oxidante (persulfato de amônio, por exemplo), solubilizado em uma solução ácida aquosa (Virji, *et al*., 2004; Najim e Salim, 2014).

Quando um íon é transferido na interface entre a água e um líquido orgânico, uma corrente flui através da interface e a diferença de potencial entre as duas soluções torna-se proporcional ao número dos elétrons carregados que são transferidos através da barreira. Portanto, uma vez que o monômero (anilina) e o iniciador (oxidante) são separados pela fronteira entre a fase aquosa (ácido/oxidante) e a fase orgânica (monômero/solvente orgânico), a polimerização ocorre nesta interface, formando as nanoestruturas (Dallas e Georgakilas, 2015). Assim, a síntese interfacial é uma rota fácil para fabricação de nanofibras de Pani, não dependendo de nenhum dopante específico ou solvente (Huang e Kaner, 2004).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi sintetizar a Pani pela técnica interfacial e caracterizá-la por Uv-Vis e DRX.

2. METODOLOGIA

Inicialmente a anilina foi destilada e armazenada em frasco ao abrigo da luz e para síntese interfacial, o monômero (anilina) (Sigma Aldrich 99,5 %) foi dissolvido no solvente orgânico diclorometano (Synth 99,5 %) e o oxidante (persulfato de amônio - Sigma-Aldrich, 98 %) foi dissolvido em HCl 1 mol. L^{-1} (Merck 99 %). Em seguida, a solução oxidante foi adicionada lentamente à solução de monômero de forma a não ocorrer a mistura das fases. A reação foi deixada em repouso por 2 h, em frasco vedado e protegido da luz a temperatura e umidade ambiente. Após, o produto da reação foi filtrado (papel filtro Milipore 25 µm) e lavado várias vezes, intercalando lavagens com metanol (Merck 99,5 %) e água ultrapura. Após, o filtrado foi seco por 20 h em dessecador a vácuo, obtendo-se assim a Pani no estado de oxidação sal esmeraldina. O pó obtido foi armazenado em frasco âmbar para proteção da luz e da degradação da ação do oxigênio.

Para caracterização da Pani foi preparada uma solução utilizando 10 mg do pó diluído em 1 mL de n, n dimetilacetamida (DMAc) (Merck 99 %) e mantido em ultrassom (Unique modelo USC-1800) por 1 h. Após, foi adicionado solução de HCl (1 mol. L^{-1}) pH 3,0, até completar 10 mL, deixando a mesma agitando *overnight* antes da utilização e realizado uma varredura de 200-1000 nm utilizando um espectrofotômetro de UV-Vis da Agilent, modelo 8453E (Manzoli, *et al*., 2014; Ram, *et al*., 1999). Os espectros de absorção no UV-Vis são importantes para caracterizar a dopagem dos polímeros condutores.

A análise de DRX foi realizada com o pó de Pani e conduzida em um difratômetro convencional (Rigaku - Mini flex II), operando na geometria convencional 2 theta, sendo que o ângulo da análise se estendeu entre 1,35 a 90 graus, com as seguintes condições de análise: velocidade de varredura: 2.50, passo: 0.05; detector de cobre: 1,54 nm e voltagem do detector: 30 mA. A difratometria de raios X (DRX) é uma técnica muito importante para caracterização estrutural dos materiais cristalinos, uma vez que fornece informações importantes a respeito da estrutura de cada material.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Pani foi polimerizada pelo método interfacial, que de acordo com Huang e Kaner, (2004), consiste em uma maneira de evitar o crescimento de estruturas irregulares, controlando o crescimento secundário da polianilina. Esse método é apropriado para preparação de grande quantidade de nanofibras de Pani por serem mais baratos e resultarem em nanofibras puras e de alta qualidade. Na síntese interfacial, obteve-se a Pani na forma de pó verde, característica do estado de oxidação sal esmeraldina, conforme ilustrado na Figura 1.

As bandas de absorção características da Pani (dopada) sintetizada pela técnica interfacial, as soluções aquosas (pH 3,0) foram avaliadas por espectroscopia de UV-Vis e para avaliar a cristalinidade e a orientação do polímero, foi utilizada a técnica de DRX.

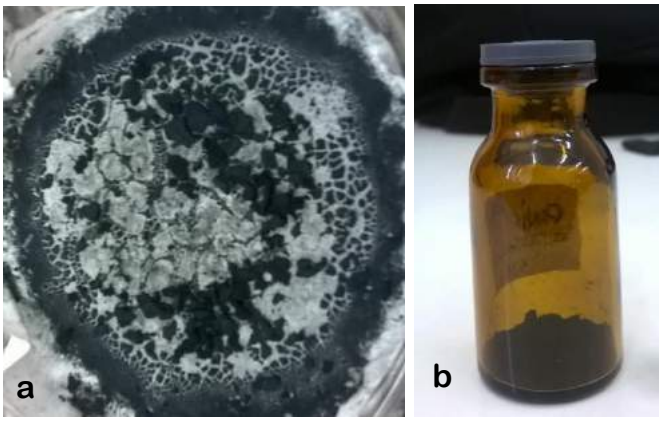


Figura 1. Pani obtida por polimerização interfacial (a) e armazenada em frasco âmbar (b)

O espectro de absorção da solução aquosa de Pani dopada (Fig. 2) mostrou uma banda em 240 nm e em 300 nm, associadas à transição do elétron do orbital ligante (π) para orbital antiligante (π^*), relacionadas respectivamente, aos anéis benzóide e quinóide da cadeia de Pani (Haba, *et al*., 1999). Também se observa um leve pico em 470 nm, responsável pela transição do elétron antiligante (π^*) para banda polarônica (Gajesdran e Saraswathi, 2008).

A banda próxima a 800 nm pode ser atribuída a deslocalização de elétrons nas cadeias poliméricas, devido à formação de uma banda polarônica correspondente ao estado dopado da Pani (Silverstein, 1994; Gajesdran e Saraswathi, 2008).

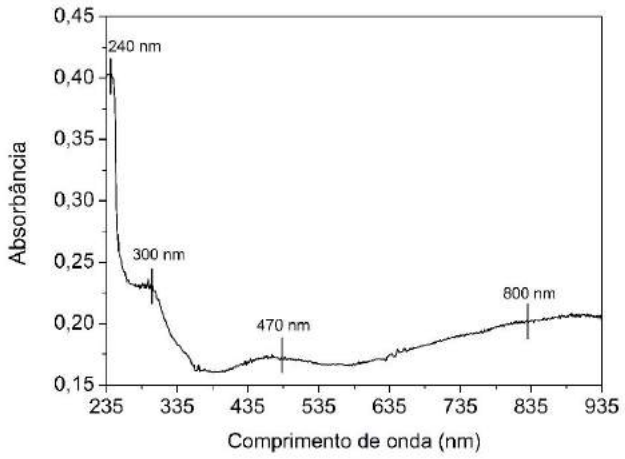


Figura 2. Espectro de UV-Vis da solução de Pani interfacial dopada com HCl, utilizada para construção dos filmes LbL

A Pani obtida por síntese interfacial foi avaliada também com a técnica de difração de raios X (Fig. 3), para verificar a estrutura, cristalinidade e orientação dos polímeros.

Observa-se a presença dos picos típicos da Pani em 9, 15, 21 e 25º, cujas posições em 2σ, estão em concordância com Zang, *et al*., (2002), Galinani, *et al*., (2007) e Steffens, *et al*., (2014). A presença desses picos está relacionada a cristalinidade da amostra, assim como o pico em pico em 19º (Du, *et al*., 2004).

De acordo com Pouget, *et al*., (1991), a alta intensidade do pico em 25º se relaciona com a cristalinidade do polímero. De acordo com Zhang, *et al*., (2004), uma melhor definição dos picos também é relacionada com o agente dopante. No presente estudo foi empregado o HCl, o qual pode ter auxiliado no aumento da cristalinidade da Pani.

O difratograma de raios X também mostra um pico fino em 6,5º, indicando a presença de nanofibras de Pani. Em trabalho realizado por Yin, *et al*., (2008) e Steffens, *et al*., (2012), os autores também observaram a presença desse pico e relacionaram as nanofibras.

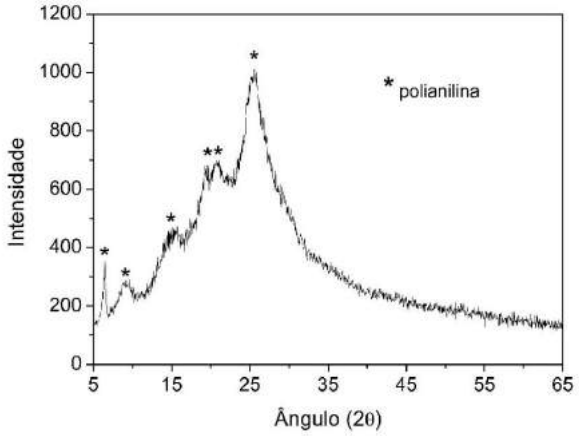


Figura 3. Difratograma de raios X da Pani dopada com HCl obtida por síntese interfacial

4. CONCLUSÃO

A síntese da Pani, pela técnica interfacial, foi realizada de forma eficiente, com formação de um pó verde escuro que foi caracterizado por UV-Vis, indicando bandas características da Pani no seu estado dopado, e as análises em DRX mostraram picos característicos da Pani, demostrando sua estrutura cristalina, características importantes para utilização em sensores.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes, Fapergs, Finep e ao CNPq pelo auxilio financeiro; Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e URI - Erechim pela realização da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

Dallas, P. e Georgakilas, V., 2015. "Interfacial polymerization of conductive polymers: Generation of polymeric nanostructures in a 2-D space". *Advances in Colloid and Interface Science*, Vol. 224, p. 46-61.

Du, X.S.; Xiao, M. e Meng, Y.Z., 2004. "Synthesis and Characterization of Polyaniline/Graphite". *Journal of Polymer Science*, v. 42, n. 8, p. 1,72-1978.

Fratoddi, I.; Venditti, I.; Cesare, C. e Russo, M.V, 2015. "Chemiresistive polyaniline-based gas sensors: A mini review". *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 220, p. 534-548.

Gajesdran, P. e Saraswathi, R., 2008. "Polyaniline–carbon nanotube composites" *Pure of apllied chemical*, Vol. 80, n. 11, p. 2377-2395.

Galinani, P.D.; Malmonge, J.A.; Santos, D.P. e Malmonge, L.F., 2007. "Compósitos de borracha natural de polianilina". *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, Vol. 17, n. 54, p. 93-97.

Haba, Y.; Segal, E.; Narkis, M.; Titelman, G. e Siegmann, A., 1999. "Polymerization of aniline in the presence of DBSA in an aqueous dispersion". *Synthetic Metals*, Vol. 106, n. 1, p. 59-66.

Heeger, A.J., 2001. "Semiconducting and Metallic Polymers: The Fourth Generation of Polymeric Materials". *The Journal of Physical Chemistry B*, Vol. 105, n. 36, p. 8475-8491.

Huang, J. e Kaner, R.B., 2004. "Nanofiber Formation in the Chemical Polymerization of Aniline: A Mechanistic Study". *Angewandte Chemie International Edition*, Vol. 43, n. 43, p. 5817-5821.

Manzoli, A.; Shimizu, F.M.; Mercante, L.A.; Paris, E.C.; Oliveira Jr, O.N.; Correa, D.S. e Mattoso, L.H., 2014. "Layer-by-layer fabrication of AgCl–PANI hybrid nanocomposite films for electronic tongues". *Physical Chemistry Chemical Physics*, Vol. 16, n. 44, p. 24275-24281.

Medeiros, E.S.; Oliveira, J.E.; Paterno, L.G. e Mattoso, L.H.C., 2012. "Uso de Polímeros Condutores em Sensores. Parte 1: Introdução aos Polímeros Condutores". *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, Vol. 2, p. 62-77.

Najim, T.S. e Salim, A.J., 2014. "Polyaniline nanofibers and nanocomposites: Preparation, characterization, and application for Cr(VI) and phosphate ions removal from aqueous solution". *Arabian Journal of Chemistry*, Vol. 10, p. S3459-S3467.

Ostwal, M.M.; Sahimi, M. e Tsotsis, T.T., 2009. "Water harvesting using a conducting polymer: A study by molecular dynamics simulation". *Physical Review E*, Vol. 79, n. 061801.

Pouget, A.; Driver, J.; Sejnowski, T.J. e Dayan, P., 1991. "Information processing with population codes". *Nature*, Vol. 2, n. 41, p. 125-132.

Rakić, A.A.; Trifunović, S. e Ćirić-Marjanovic, G., 2014. "Dopant-free interfacial oxidative polymerization of aniline". *Synthetic Metals*, Vol. 192, p. 56-65.

Ram, M.K.; Salerno, M.; Adami, M.; Faraci, P. e Nicolini, C., 1999. "Physical Properties of Polyaniline Films : Assembled by the Layer-by-Layer Technique". *Langmuir*, Vol. 13, n. 13, p. 1252-1259.

Silverstein, R.M.; Bassler, G.C. e Morril, T.C., 1994. "Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos". *Guanabara Koogan*, Rio de Janeiro.

Steffens, C.; Leite, F.L.; Bueno, C.C.; Manzoli, A. e Herrmann, P.S.P., 2012. "Atomic Force Microscopy as a toll applied to nano/biosensors". *Sensors*, Vol. 12, n. 32, p. 452-459.

Steffens, C.; Manzoli, A.; Oliveira, J.E.; Leite, F.L.; Correa, D.S. e Hermann, P.S.P., 2014. "Bio-inspired sensor for insect pheromone analysis based on polyaniline functionalized AFM cantilever sensor". *Sensors and Actuators, B: Chemical*, Vol. 191, p. 643-649.

Virji, S.; Huang, J.X.; Kaner, R.B. e Weiler, B.H., 2004. "Polyaniline nanofiber gas sensors". *Abstracts of Papers of the American Chemical Society*, Vol. 227, p. U104-U104.

Wang, Y.; Shi, Y.; Xu, X.; Liu, F.; Yau, H.; Zhai, G.; Hao, J. e Li, G., 2009. "Preparation of PANI-coated poly (styrene-co-styrene sulfonate) nanoparticles in microemulsion media". *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 345, n. 1-3, p. 71-74.

Yin, J.; Zhao, X.; Xia, X.; Xiang, L. e Qiao, Y., 2008. "Electrorheological fluids based on nano-fibrous polyaniline". *Polymer*, Vol. 49, p. 4413-4419.

Zang, Z.; Wei, W. e Wan, Z.M., 2002. "Nanostructures of polyaniline doped with inorganic acids". *Macromolecules*, Vol. 35, n. 52, p. 5937-5942.

Zhang, X.; Chan-Yu-King, R..; Jose, A. e Manohar, S.K., 2004. "Nanofibers of polyaniline synthesized by interfacial polymerization". *Synthetic Metals*, Vol. 145, n. 74, p. 23-29.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CINÉTICA DE INATIVAÇÃO E DETERMINAÇÃO DA RAZÃO LETAL DE *Staphylococcus aureus* EM SALMÃO COM DIÓXIDO DE CARBONO SUPERCRÍTICO

Bruno Fischer
Diego Maroso da Silva
Janaine Ferreira
Juliana Barbosa
Natalia Paroul
Alexander Junges
Rogério Luis Cansian
Geciane Toniazzo Backes
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim. Avenida Sete de Setembro, n°1621, Fátima, Erechim – RS.
bruno.fischer.com@hotmail.com
diegomaroso852@hotmail.com
janaine_ferreira@outlook.com
jubarbosa00@hotmail.com
nparoul@uricer.edu.br
junges@uricer.edu.br
cansian@uricer.edu.br
gtoniazzo@uricer.edu.br

Resumo: *A bactéria* Staphylococcus aureus *é responsável por surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTA's), devido a produção de enterotoxinas. Processos com alta pressão visam a destruição dos micro-organismos sem causar alterações nas características do produto. Para tanto são avaliados parâmetros de letalidade como os valores D e Z, os quais indicam o tempo necessário para reduzir 1 ciclo logarítmico o número de sobreviventes, numa determinada condição (pressão de CO_2) e a resistência relativa de um micro-organismo para diferentes condições destrutivas, respectivamente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a cinética de inativação e determinar os valores D e Z de* S. aureus*, utilizando dióxido de carbono supercrítico em salmão cru previamente contaminado com a bactéria. A cinética de inativação de* S. aureus *para avaliar o efeito da pressão em salmão cru (100 a 225 bar), mostrou que o número de* S. aureus *sobreviventes diminuiu com o aumento da pressão, com inativação total do micro-organismo a 252,6 bar. A inativação completa da carga inicial de* S. aureus *com pressão de 225 bar foi obtida a partir de 123,1 minutos de processo, correspondendo a uma redução de aproximadamente cinco ciclos logarítmicos. Os tempos de redução decimal em salmão cru (valor D) variaram de 37,04 a 27,02 minutos com pressões de 150 a 250 bar, respectivamente. O valor Z calculado foi elevado.*

Palavras chave: Staphylococcus aureus*, alta pressão, matriz sólida, valor de D, cinética de inativação.*

1. INTRODUCÃO

As indústrias alimentícias estão em constante desenvolvimento, buscando métodos de conservação e tecnologias que visem um produto de qualidade. A preocupação com a saúde do consumidor é de suma importância e prioridade, o que faz com que diversos fatores sejam analisados. As doenças transmitidas por alimentos (DTA's) ocorrem devido a contaminação do alimento por micro-organismos patogênicos presentes nos locais de manipulação o que posteriormente poderá causar sintomas brandos ao consumidor, ou até mesmo causar a morte (Marchi *et al.*, 2011).

A bactéria *Staphylococcus aureus*, anaeróbia facultativa, Gram-positiva, já foi responsável por vários surtos de DTA's. Algumas cepas de *S. aureus* são capazes de produzir uma enterotoxina, agente responsável pela intoxicação no organismo. A contaminação dos alimentos pode ocorrer pela presença da bactéria em manipuladores, nas mãos e nas cavidades oral e nasal, ou em superfícies e utensílios que entrem em contato com o alimento (Loir *et al.*, 2003).

Existem vários métodos de conservação de alimentos visando a inativação de micro-organismos que poderiam contaminar ou deteriorar o alimento. A utilização de procedimentos de alta pressão visam a destruição dos micro-organismos sem causar alterações nas características sensoriais do produto como textura, cor e sabor. Procedimentos de

esterilização ou pasteurização que envolvem altas temperaturas ou a adição de compostos químicos muitas vezes alteram a qualidade do produto e aplicando a alta pressão essas qualidades são preservadas (Yordanov *et al.*, 2010).

A taxa de morte na presença do calor constante é uma função exponencial. Consequentemente, quando o logaritmo decimal dos números dos sobreviventes são traçados em relação ao tempo, o comportamento é descrito por uma linha reta. O valor de D é definido amplamente como o tempo exigido para o número de bactérias viáveis diminuir para 1 unidade logarítmica (ou o negativo recíproco desta inclinação).

Este valor de D é usado então como um parâmetro para respostas além dos dados visando estimar o tempo exigido para a desinfecção (10^{-3} UFC/ml) ou a esterilização (10^{-6} UFC/ml) considerando-se as cinéticas de morte como de primeira ordem (Abraham *et al.*, 1990). Além disso, os valores de D são sugeridos como indicadores rápidos da eficácia preservativa de um agente antimicrobiano (Akers, 1984).

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a cinética de inativação e determinar os valores D e Z (razão letal) de *Staphylococcus aureus*, com o emprego de dióxido de carbono supercrítico, na melhor condição de processo, em salmão cru previamente contaminado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A cepa disponibilizada pelo Laboratório de Biotecnologia da URI – Campus de Erechim foi *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), previamente crescida em caldo Luria Bertani - LB (10 $g.L^{-1}$ triptona; 5 $g.L^{-1}$ extrato de levedura; 5 $g.L^{-1}$ NaCl). Para crescimento foi feito o repique em caldo LB e incubado por 24 horas a 37ºC.

A metodologia de contaminação do salmão seguiu o modelo de Ferrentino *et al.* (2014) com adaptações. Para o preparo do inóculo foram diluídas as células em água peptonada 0,1% para obter uma concentração próxima a 1,0 x 10^5 UFC/mL. Do inóculo foi injetado com uma seringa estéril 1 mL nas amostras de salmão previamente cortadas em cubos de aproximadamente 5 gramas. Uma das amostras foi o parâmetro utilizado como controle positivo para a padronização do inóculo e a outra foi submetida ao tratamento de alta pressão na célula de equilíbrio.

Após a montagem da célula, o salmão contaminado foi colocado na câmara de pressurização juntamente com outros pedaços totalizando 15 gramas de amostra (capacidade mínima da célula de equilíbrio). A célula após fechada, encaminhada ao aparato experimental onde realizou-se os tratamentos. Passado o tempo determinado de experimento, foi eliminado o gás da célula e feito a análise microbiológica.

No procedimento da análise microbiológica, as amostras foram diluídas em água peptonada 0,1% homogeneizadas (Stomacher 400). Após feitas as diluições sucessivas e plaqueamento em meio BP (Baird Parker Agar, Merck®) estéril, foram incubadas por 24 horas a 37°C para posterior contagem dos micro-organismos, sobreviventes.

A cinética de inativação para avaliar o efeito da pressão sobre a inativação de *S. aureus* através da utilização de CO_2 supercrítico foi realizada com pressões variando de 100 a 250 bar, com as demais variáveis iguais ao ponto central do planejamento de experimentos realizado no projeto anterior.

Para determinar o valor D e Z, foi utilizado o modelo matemático conforme a seguir (Barbosa, 2016):

A determinação do tempo de redução decimal (valor-D) de *S. aureus* em uma determinada pressão é baseada em um balanço diferencial de primeira ordem, Equação 1.

$$dN/dt = -KN \quad (1)$$

Onde N é o número de UFC, t é tempo de processo, K é a constante de proporcionalidade.

Integrando-se a Equação (1) com a seguinte condição inicial N (t=0) = N0, onde N0 é o número de UCF inicial, tem-se (Equação 2);

$$Ln\ N - Ln\ No = -\ KT \quad (2)$$

Rearranjando a Equação (2) em termos de log tem-se (Equação 3);

$$Log\ (N/No) = -\ 1/D\ t \quad (3)$$

Onde, k = 1/D e D é definido como a constante de redução decimal, a qual representa o tempo necessário para haver a redução de um ciclo logarítmico no processo.

Para a obtenção do valor D, foi realizada a regressão linear entre os diferentes tempos de exposição do micro-organismo a pressão e o log de UFC sobreviventes, sendo D o inverso do coeficiente angular da reta ajustada.

A constante de resistência de morte de *S.aureus* a pressão (valor-Z) foi determinada pela Equação 4:

$$Log\ (D1/D2) = 1/Z\ (C1-C2) \quad (4)$$

Onde D1 e D2 são valores de redução decimal obtidos para as taxas de pressurização C1 e C2, respectivamente. A constante Z representa a alteração de concentração necessária para que ocorra uma alteração de um ciclo log (90% de redução) no tempo de morte ocasionado pelo sistema.

Para a obtenção do valor Z, foi realizada a regressão linear entre as diferentes pressões (C) e o log do respectivo valor D. sendo Z obtido a partir do inverso do coeficiente angular da reta ajustada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos da pressão e do tempo de exposição ao CO_2 supercrítico sobre a inativação de *S. aureus* em salmão, foram avaliados isoladamente, mantendo as demais condições fixas. Como a taxa de despressurização teve efeito significativo positivo na inativação de *S. aureus* e seu aumento não influencia em aumento de custos do processo, fixou-se a taxa de despressurização em 130 bar (despressurização máxima). A razão entre a massa de CO_2 e de salmão foi fixada em 0,6:1, uma vez que a mesma teve pouca influência nos diferentes parâmetros avaliados e esta razão facilita a utilização do equipamento. A temperatura foi mantida constante (33 °C), como em todos os demais experimentos e o tempo de processo foi de 120 minutos. Foram realizados experimentos com 100, 150, 175, 200, 210, 225 e 250 bar de pressão (Figura 1).

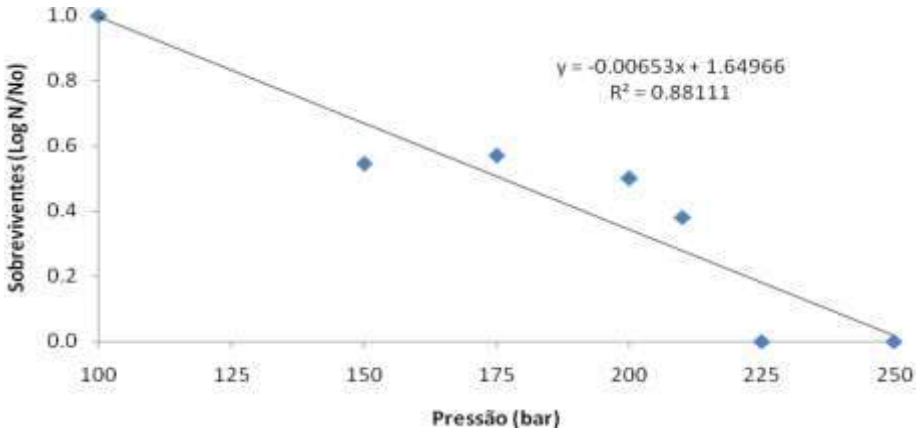


Figura 1: Inativação de *Staphylococcus aureus* em função da pressão.

A inativação completa da carga inicial de *S. aureus* previamente inoculada em salmão foi calculada a partir da equação Y= -0,00653x+1,64966 (Figura 1), e obtida na pressão de 252,6 bar.

A inativação completa da carga inicial de *S. aureus* previamente inoculada em salmão foi obtida a partir de 123,1 minutos de processo, conforme a equação Y= -0,00867x+1,6765 (Figura 2), correspondendo a uma redução de cinco ciclos logarítmicos.

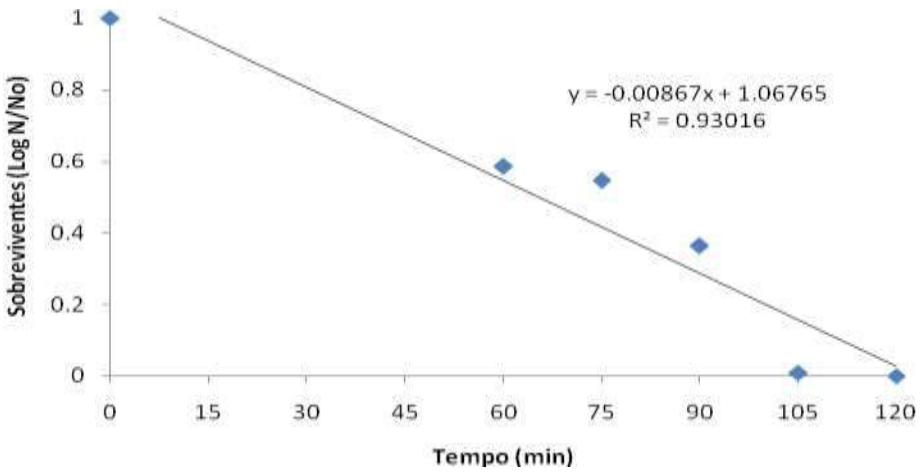


Figura 2: Cinética de inativação de *Staphylococcus aureus* em função do tempo.

Por outro lado, quando apenas o inóculo de *S. aureus* foi submetido ao tratamento (matriz líquida), a inativação de 100% da carga inicial foi alcançada com apenas 60 minutos de processo, correspondendo a uma redução de 6,46 ciclos logarítmicos (Barbosa, 2016).

A diferença entre o tempo necessário para uma completa inativação do micro-organismo quando está presente no alimento e quando está em um caldo líquido (cultura pura) pode ser explicada pelo fato que, a presença de gordura, proteínas e outros constituintes do alimento, como acontece no salmão, provavelmente dificultam a penetração do CO_2 nas células e, consequentemente, o grau de inativação. Erkmen (2000), observou que a inativação de *E. coli* em leite integral não foi tão eficiente quanto a inativação do micro-organismo em caldo, sugerindo que a gordura, presente no leite, possivelmente aumentou a resistência do micro-organismo ao tratamento com CO_2 pressurizado.

Considerando os resultados obtidos anteriormente, realizou-se estudo para avaliar a inativação de *S. aureus* em função de diferentes tempos de pressurização (0 a 120 min.) em diferentes pressões. A Figura 3 apresenta as cinéticas de inativação de *S. aureus* com 150 a 250 bar. A razão e taxa de despressurização foram mantidas constantes conforme o ponto central do planejamento (0,6:1 massa de CO_2:massa de inóculo e 55 bar/min, respectivamente).

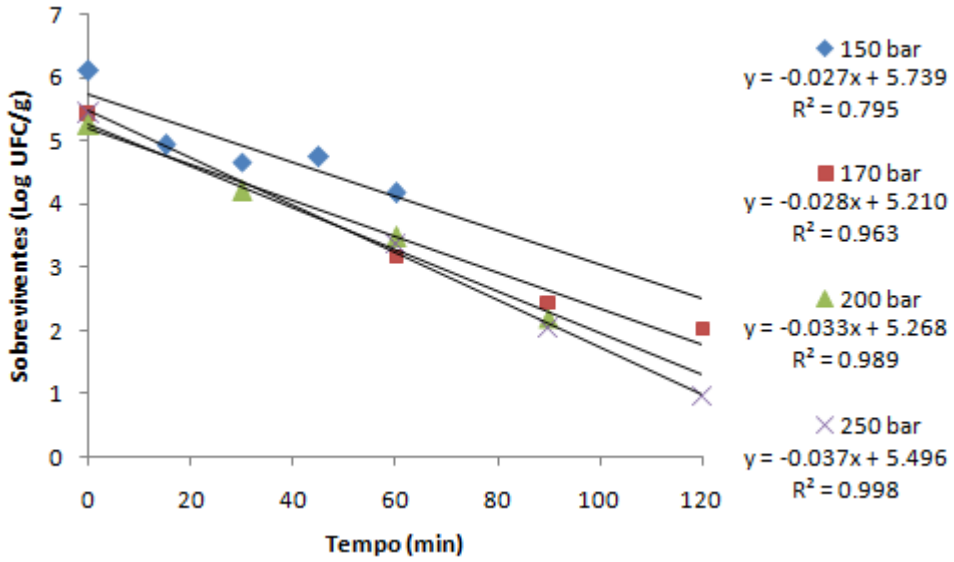


Figura 3: Cinética de inativação de *S. aureus* com pressão de 150 a 250 bar.

Observa-se a partir da Figura 3 que o número de sobreviventes (Log UFC/g) diminui a medida que se aumenta a pressão do sistema, permitindo desta forma reduzir o tempo de tratamento.

A Tabela 1 apresenta os valores D ou razão letal nas diferentes pressões avaliadas, onde o valor D é o inverso do coeficiente angular (-1/b) da curva de letalidade.

Tabela 1: Determinação do Valor D a partir das curvas de letalidade de *S. aureus* em diferentes pressões com CO_2.

Pressão (bar)	Valor D (min)	Log valor D
150	37,04	1,568671
170	35,71	1,55279
200	30,30	1,481443
250	27,02	1,431685

Os valores D indicam o tempo necessário para reduzir em 1 ciclo logarítmico o número de sobreviventes, numa determinada condição (pressão de CO_2).

Estudos de Cappelletti *et al.* (2015), realizados com carne suína, demonstraram que um aumento de 60 para 160 bar permitiu aumentar, mas não significativamente, a inativação microbiana: a uma temperatura fixa de 35°C, 60 min foram necessários para alcançar cerca de 3 reduções de Log a 80, 120 e 160 bar. É bem sabido que em pressões mais altas ocorre aumento significativo da densidade e do poder de solvatação do CO_2, o que, promove o contato com as células, induzindo a remoção de constituintes vitais de células ou membranas celulares (Damar *et al.*, 2009). No entanto, este aumento é limitado pela solubilidade de saturação do CO_2: uma vez que o meio de tratamento é saturado com CO_2, o efeito do agente bactericida não se alterou significativamente.

A cinética de destruição de micro-organismos depende não apenas dos parâmetros de pressão, como também o tipo e a composição dos alimentos. Em estudo anterior (Barbosa, 2016), obtiveram-se valores D de 46,7; 26,3 e 17,3 para matriz liquida tratada durante 120 minutos a 100, 130 e 160 bar respectivamente, enquanto para salmão cru os valores D foram superiores, mesmo com pressões mais altas (Tabela 1). Sirisee *et al.* (1998), trataram carne moída suína inoculada com *Escherichia coli* em forma de pedaços e suspensão de células com SC-CO_2 (42,5°C e 310 bar) e depois compararam os valores D dos dois Sistemas. Eles observaram que 178 min eram necessários na carne moída para alcançar redução de 1 Log, já quando a amostra se encontrava em suspensão apenas 1,7 min foram necessários, indicando que os atributos estruturais do produto (carne de porco moída) têm influência na eficácia do tratamento, mas que o tratamento foi considerado suave em comparação com outras técnicas utilizando SC-CO_2. Estes resultados mostram que o SC-CO_2 tem um amplo escopo para uso prático na descontaminação da carne de porco moída.

Estimou-se o valor Z que é o inverso do coeficiente angular (-1/b) da curva obtida a partir do Log dos valores D (Figura 4). O valor Z reflete a resistência relativa de um micro-organismo para diferentes condições destrutivas. Com isso é possível calcular processos destrutivos equivalentes, sob diferentes condições não experimentais.

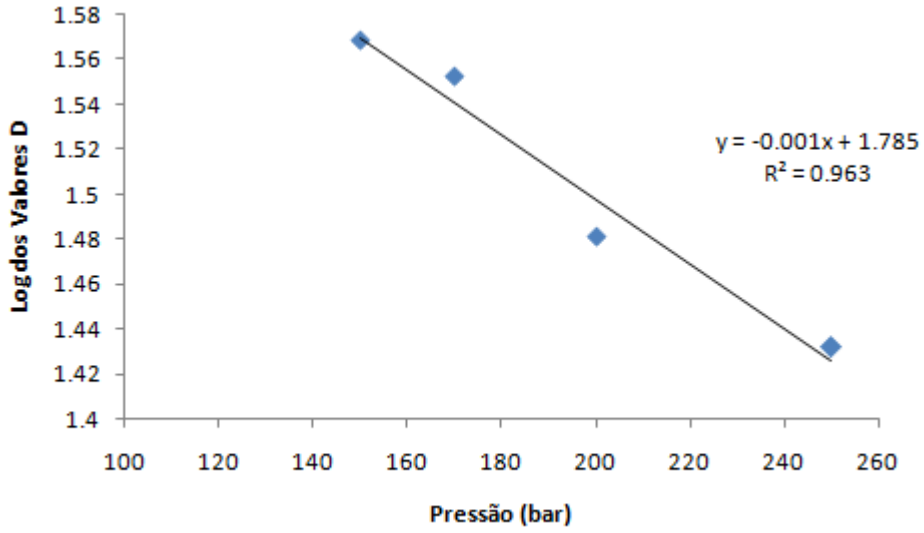


Figura 4: Determinação do valor Z a partir de diferentes valores D experimentais.

O valor Z obtido foi de 1000, indicando a necessidade de aumento de 1000 bar na pressão de CO_2 para uma variação de 10 vezes no valor D, ou seja uma redução de 10 Log UFC/g de *S. aureus* impregnado em salmão cru. Este alto valor de Z, indica que esta metodologia de controle de micro-organismos é viável somente com cargas microbianas abaixo de $1x10^5$ UFC/g.

4. CONCLUSÃO

A cinética de inativação de *S. aureus* para avaliar o efeito da pressão em salmão cru (100 a 225 bar), mostrou que o número de *S. aureus* sobreviventes diminuiu com o aumento da pressão, com inativação total a 252,6 bar. A inativação completa da carga inicial de *S. aureus* com pressão de 225 bar foi obtida a partir de 123,1 minutos de processo, correspondendo a uma redução de aproximadamente cinco ciclos logarítmicos. Os tempos de redução decimal em salmão cru (valor D) variaram de 37,04 a 27,02 minutos com pressões de 150 a 250 bar, respectivamente. O valor Z calculado foi elevado (1000 bar).

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI Campus de Erechim pela infraestrutura para realização dos experimentos.

6. REFERÊNCIAS

Abraham, G.; Debray, E.; Candau, Y. & Piar, G., 1990. Mathematical model of thermal destruction of *Bacillus stearothermophilus* spores. *Applied And Environmental Microbiology*, v. 56, p. 3073-3080.

Akers, M. J.; Boand, A. V. & Binkley, D. A., 1984. Preformulation method for parenteral preservative efficacy evaluation. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 73, p. 903-905.

Barbosa, J., 2016. *Inativação de Staphylococcus aureus em salmão cru empregando dióxido de carbono supercrítico.* 104f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI, Erechim, RS.

Cappelletti, M.; Ferrentino, G.; Spilimbergo, S., 2015. High pressure carbon dioxide on pork raw meat: Inactivation of mesophilic bacteria and effects on colour properties, *Journal of Food Engineering*, v. 156, p. 55-58.

Damar, S., Balaban, M.O., Sims, C.A., 2009. Continuous dense-phase CO_2 processing of a coconut water beverage. *International Journal Food Science Technology*, v. 44, p. 666–673.

Erkmen, O., 2000. Antimicrobial effects of pressurized carbon dioxide on Brochothrix thermosphacta in broth and foods. *Journal of the Science of Food Agriculture*, v 80, p 1365–1370.

Ferrentino, G.; Calliari, N.; Bertucco, A.; Spilimbergo, S., 2014. Validation of a mathematical model for predicting high pressure carbon dioxide inactivation kinetics of Escherichia coli spiked on fresh cut carrot. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 85, p. 17-23.

Loir, Y. L.; Baron, F. e Gautier, M., 2003. *Staphylococcus aureus* and food poisoning. *Genetics ans Molecular Research*, v. 2 n.1, p. 63-76.

Marchi, D. M.; Baggio, N.; Teo, C.R.P.A. e Busato, M. A., 2011. Ocorrência de surtos de doenças transmitidas por alimentos no Municípo de Chapecó, Estado de Santa Catarina, Brasil, no período de 1995 a 2007. *Epidemiol. Serv. Saúde*, v. 23 n.3, p. 401-407, Brasília.

Sirisee, U.; Hsieh, F. e Huff, H.E., 1998. Microbial safety of supercritical carbon dioxide processes. *Journal Food Process Preservation*, v. 22, n. 5, p. 387–403.

Yordanov, D. G. e Angelova G.V., 2010. High Pressure Processing For Foods Preserving. *Biotechnology & Biotechnology*, v. 24, n. 3, p. 1940 - 1945.

7. INFORMAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

EXTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS DE RESÍDUO DE MIRTILO (*VACCINIUM* SP) COM METANOL PRESSURIZADO

Maiara Cristina Secco
Bruno Fischer
Ilizandra Aparecida Fernandes
AlexanderJunges
Natalia Paroul
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões – URI, Av 7 de setembro, Erechim-RS
maia.secco@hotmail.com
bruno.fischer.com@hotmail.com
ilizandrafernandes@yahoo.com.br
junges@uricer.edu.br
nparoul@uricer.edu.br

Resumo. *As antocianinas são o maior grupo de pigmentos naturais com propriedades antioxidantes, encontradas em grande variedade de vegetais de coloração roxa ou vermelha, podendo estar presente na casca, polpa, folhas e caule. O resíduo gerado por indústrias que produzem suco de mirtilo contém grande quantidade de antocianinas, que ao serem extraídas podem ser usados como corantes naturais em alimentos. O objetivo deste trabalho foi realizar a extração de antocianinas de resíduo de mirtilo utilizando metanol, por meio de extração com líquido pressurizado (PLE - Pressurized Liquid Extraction) e avaliar sua cinética. Através da análise de teor total de antocianinas observou-se que o resíduo de mirtilo possui quantidades significativas deste grupo de compostos sendo que a maior quantidade de antocianinas é extraída nos primeiros 30 minutos do processo, tempo que coincide com o período de taxa constante de extração na curva global, desta forma permitindo maior conhecimento do processo e tornando possível sua otimização.*

Palavras-chave: *antocianinas, mirtilo, metanol, curva de extração global, líquido pressurizado.*

1. INTRODUÇÃO

O mirtilo é uma pequena fruta originaria da América do Norte e Europa que foi introduzido no Brasil por volta da década de 80. Ainda pouco consumido e cultivado pelos brasileiros, mas seus benefícios têm sido gradativamente mais estudados (Fachinello, 2008; Sarkis *et al*., 2013). As antocianinas presentes na casca do fruto são uma interessante fonte de corante natural, de tom que pode variar entre azul, roxo e vermelho, além disso, possuem interessante capacidade antioxidante, assim como os demais compostos fenólicos presente (Lee; Finn; Wrolstad, 2004).

No Brasil grande quantidade de mirtilo é processada, assim inevitavelmente são gerados subprodutos residuais como caules, sementes e cascas, sendo denominado de bagaço, os quais são ricos em antocianinas e outros polifenóis, sendo uma importante fonte de corantes naturais com propriedades antioxidantes (Lee *et al*., 2002; Lee; Wrolstad, 2004). Segundo Kechinski (2011), o processo de extração do suco de mirtilo gera em torno de 20 % de resíduo sólido (bagaço) e neste ficam cerca de 63 % do teor de antocianinas totais presentes no fruto.

Compostos ativos vêm sendo extraídos a partir de bagaço de uva, jabuticaba, batata, maças, mirtilo, dentre outros vegetais, usando uma combinação de solventes como ácidos, água, alcoóis, acetona, e clorofórmio (Fachinello, 2008).

As características do solvente utilizado influenciam diretamente na eficácia da extração. Oliveira (2010) destaca que a técnica de extração utilizada na obtenção de extratos de produtos naturais influencia diretamente sua qualidade e sua composição final. Quando o objetivo é obter corantes ou produtos antioxidantes para a indústria de alimentos, as extrações geralmente são realizadas utilizando água, alcoóis ou uma mistura deles, por serem compostos polares. Na maioria dos casos, a temperatura de extração e a natureza do solvente determinam o poder de dissolução do soluto.

A extração com líquido pressurizado (PLE - Pressurized Liquid Extraction) baseia-se na utilização de solventes os quais são submetidos à altas pressões, geralmente variando de 4 a 20 MPa e moderadas temperaturas a partir de 25°C até 100°C, a fim de extrair determinados compostos de matrizes sólidas ou semi-sólidas em um curto tempo e com a utilização de pequena quantidade de solvente. A técnica é uma alternativa atraente, que permite a extração de forma rápida e reduz o consumo de solvente. Esta técnica tem sido utilizada com sucesso para a extração de compostos

fitoquímicos termolábeis de vários vegetais, como casca de jabuticaba, semente de uva, semente de urucum, bagaço de amora-preta, bagaço de mirtilo, folhas de oliva e outros (Freitas, 2007; Stalikas, 2007; Luthria, 2008; Monrad *et al*., 2010; Santos, Veggi e Meireles, 2012; Cavalcanti, 2013; Rodrigues, 2013; Machado, 2014; Paes *et al*., 2014; Coppa, 2016).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O resíduo de mirtilo, constituído de pele e semente, gerado após a extração do suco, foi gentilmente doado pela empresa - Orgânicos Pérola da Terra, situada na cidade de Antônio Prado no Rio Grande do Sul. Sendo este acondicionado em freezer convencional -18°C até sua utilização. A secagem do resíduo de mirtilo foi feita em liofilizador (modelo Modulyo, fabricante Edwards), por 48 horas a -40°C. Após secagem procedeu-se a moagem em moinho de facas (Marconi, MA048) com peneira de 30 mesh, a fim de padronizar o tamanho das partículas. O solvente utilizado foi metanol PA da marca Neon com 99,8 % de pureza.

2.1 Extração com líquido pressurizado

O sistema de extração utilizando líquido pressurizado consiste basicamente de um reservatório que contem o solvente, uma bomba, uma válvula de bloqueio, uma célula de extração, uma válvula reguladora de pressão e um frasco para a coleta dos extratos. A célula extratora é encamisada, para possibilitar o controle da temperatura através de banho de água. Depois de preencher a célula de extração com a amostra e ajustar a temperatura, o experimento iniciou-se com o bombeamento do solvente, na vazão selecionada. A extração propriamente dita iniciou-se quando o sistema atingiu a temperatura e a pressão selecionada.

O procedimento de extração foi baseado em estudo realizado por Paes *et al*., (2014), com adaptações, sendo utilizada temperatura de 40°C, pressão de 10,4 Mpa, vazão do solvente de 2 mL/min, extração estática de 30 minutos e tempo total de extração de 180 minutos. O metanol foi acidificado até pH 3, através de solução de ácido clorídrico 0,1M.

2.2 Determinação do rendimento global

O percentual do rendimento global (X0) dos extratos obtidos pela técnica PLE foi calculado relacionando a massa total de extrato ($M_{extrato}$) em base seca e a massa de alimentação do resíduo de mirtilo seco ($M_{resíduo}$).

Após a extração os frascos foram levados à estufa com circulação de ar para evaporação do solvente até apresentarem peso constante, sendo descontado o peso do frasco. O rendimento global foi calculado a partir da Equação (1).

$$X_0 = \frac{M_{extrato}}{M_{resíduo}}.100 \quad (1)$$

2.3 Teor total de antocianinas monoméricas

A análise de teor total de antocianinas monoméricas (TMA) nos extratos foi realizada pelo método do pH diferencial descrito por Lee; Durst; Wrolstad (2005), o qual baseia-se na transformação estrutural da antocianina como uma função do pH em duas soluções tampão: cloreto de potássio, pH 1,0 e acetato de sódio pH 4,5. De acordo com o método a diferença em absorbância das soluções de pH 1,0 e 4,5 é diretamente proporcional à concentração de TMA. A absorbância das amostras tamponadas nos dois diferentes pHs foram determinadas nos comprimentos de 510 nm e 700 nm. A quantidade total de antocianinas monoméricas é calculada como mg de antocianinas/ 100g de sólido seco, conforme representado pela Equação (2).

$$TMA = \frac{[(A_{510}-A_{700})_{pH\,1,0}-(A_{510}-A_{700})_{pH\,4,5}].MW.V.DF.1000}{\varepsilon.m.1} \quad (2)$$

Na Equação (2) MW representa a massa molar da cianidina-3-glucosidio (449,2 g.mol-1), DF é o fator de diluição da amostra, ε é o coeficiente de extinção molar da cianidina-3-glucosidio (26900 l.mol-1.cm-1), 1000 representa a conversão de g para mg, 1 é o caminho da onda na cubeta em cm, V é o volume da solução extraída e m é a massa de sólido seco utilizado na extração.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de extração de produtos naturais pode ser analisado a partir das curvas globais de extração (OEC – overall extraction curves). As condições utilizadas para obter uma OEC são definidas no melhor ponto obtido na etapa de rendimento global. A análise da melhor condição neste ponto leva em conta fatores de gasto de energia como pressão e temperatura, quantidade de solvente utilizado, vazão e o rendimento (Prado, 2009).

Através da Figura 1 pode-se se observar este comportamento da curva de extração global obtida com a utilização do metanol como solvente.

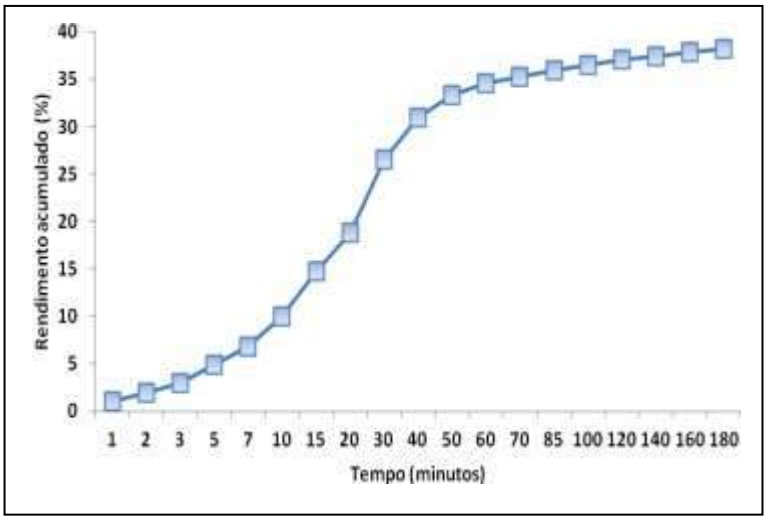


Figura 1- Curva global de extração com metanol.

Como observado na Figura 1, uma curva cinética pode contar com até três etapas distintas durante o processo, sendo dividida nos seguintes períodos: período de taxa constante de extração CER (Constant Extraction Rate period) onde a extração ocorre principalmente por convecção, a uma taxa constante devido ao soluto estar principalmente na superfície do material de alimentação e é facilmente solubilizado pelo solvente, FER (Falling Extraction Rate period) é o período decrescente da extração, começa quando a taxa de extração de soluto sofre uma diminuição causada por paredes celulares não uniformemente quebradas ou até esgotar o soluto distribuído sobre a superfície das paredes e o DC (Diffusion-Controlled rate period) é o período de taxa controlada pela difusão e não há mais soluto na superfície dos sólidos (Meireles, 2008).

Segundo Braga (2005) A análise de uma curva global de extração pode ajudar um determinado processo a definir importantes parâmetros como: o volume do extrator, a vazão requerida de solvente para a taxa de extração desejada, o tempo de extração, a razão solvente por massa de alimentação, entre outros.

Realizou-se a análise do teor total de antocianinas de diferentes alíquotas retiradas no decorrer da extração, sendo estas dos seguintes tempos: 30, 60, 90, 120, 150 e 180 minutos de extração. As quantidades encontradas de antocianinas em cada tempo estão expressas na Figura 2.

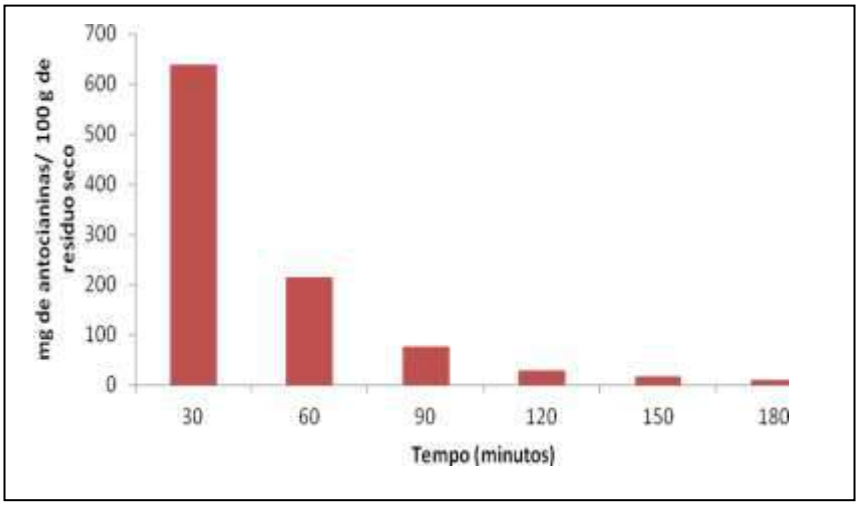


Figura 2- Gráfico do teor total de antocianinas monoméricas extraídas.

A quantidade total extraída após 180 minutos foi de 985,10 mg de antocianinas/100 g de resíduo seco, sendo que nos primeiros 30 minutos já haviam sido extraídas 639,53 mg de antocianinas/100g de resíduo seco, representando mais da metade do total extraído. Assim podendo-se correlacionar o tempo com maior extração de antocianinas com o período de taxa constante de extração verificado através do rendimento global, tempo de até 30 minutos, onde os compostos são mais fácil e rapidamente extraídos.

Valores próximos, no entanto menores, foram encontrados por Kechinski (2011) que obteve como máxima extração a quantidade de 520,6 mg de antocianinas/100g de bagaço de mirtilo seco a 60°C em estufa por 48 horas, utilizando como solvente extrator uma solução de água e etanol.

O grau de extração das antocianinas depende de uma série de fatores, entre eles da relação volume de solvente/massa de amostra, do solvente empregado, do pH, do tamanho da partícula, do tempo e da temperatura de extração (Cacace; Mazza, 2003; Lee; Wrolstad, 2004).

Segundo Macheix et al. (1990) são considerados frutos ricos nestas substâncias quando a concentração for superior a 200 mg de antocianinas por 100 g de amostras, ou seja, pode-se assim considerar o resíduo do mirtilo uma boa fonte de antocianinas.

4. CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos pode-se concluir que a extração com metanol se mostrou eficiente para recuperar quantidades significativas de antocianinas e avaliando as curvas globais de extração do resíduo de mirtilo percebem-se as fases da extração, assim possibilitando adequar o tempo do processo até o ponto onde há crescente rendimento, reduzindo custos e tempo de operação. Além disso, a técnica utilizada para a extração possibilita a diminuição de perdas por degradação em altas temperaturas, como são empregadas em outras técnicas. Neste contexto, buscou-se solução para o aproveitamento do resíduo de mirtilo gerando em processo de fabricação de sucos, sendo a extração de antocianinas uma oportunidade de inovação visando novos corantes e aditivos alimentícios naturais.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS, CNPq, CAPES e URI pela concessão de bolsas e/ou apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

Braga, M. E. M, 2005. *Obtenção de compostos bioativos de Curcuma longa L. e Lippia alba M. por tecnologia supercrítica: rendimento global, cinética de extração, composição química e aproveitamento do resíduo amiláceo.* Tese, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Cacace, J. E.; Mazza, G., 2003. Optimization of Extraction of Anthocyanins from Black Currants with Aqueous Ethanol. *Journal of Food Science*, Vol. 68, p. 240-248.

Cavalcanti, R. N., 2013. *Extração de antocianinas de resíduos de jabuticaba (Myrciaria cauliflora) utilizando líquido pressurizado e fluido supercrítica: caracterização química, avaliação econômica e modelagem matemática.* Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Coppa, C. F. S. C., 2016. *Extração de oleuropeína de folhas de oliva com solvente hidroalcoólico e efeito dos extratos sobre a estabilidade oxidativa de óleos vegetais.* Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Pirassununga.

Fachinello, J. C., 2008. Mirtilo. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Vol. 30, p. 285-576.

Freitas, L. S., 2007. *Desenvolvimento de procedimentos de extração de óleo de semente de uva e caracterização química dos compostos extraídos.* Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Kechinski, C. P., 2011. *Estudo de diferentes formas de processamento do mirtilo visando à preservação dos compostos antociânicos.* Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Lee, J.; Durst, R.W.; Wrolstad, R.E.,2002. Impact of Juice Processing on Blueberry Anthocyanins and Polyphenolics: Comparison of Two Pretreatments. *Journal of Food Science*, Vol. 67, p. 1660-1667.

Lee, J.; Durst, R.W.; Wrolstad, R.E., 2005 Determination of total monomeric anthocyanin pigment contento f fruits juices, beverages, natural colorants, and wines by de pH differential method: Collaborative study. *Journal of AOAC international*, Vol. 88, p. 1269-1278.

Lee, J.; Wrolstad, R. E., 2004. Extraction of anthocyanins and polyphenolics from blueberry processing waste. *Journal of Food Science*, Vol. 69, p. 564-573.

Lee, J; Finn, C. E.; Wrolstad, R. E., 2004. Anthocyanin pigment and total phenolic content of three Vaccinium species native to the Pacific Northwest of North America. *HortScience*, Vol.. 39, p. 959-964.

Luthria, D. L.,2008. Influence of experimental conditions on the extraction of phenolic compounds from parsley (Petroselinum crispum) flakes using a pressurized liquid extractor. *Food Chemistry*, Vol. 107, p. 745-752.

Machado, A. P. F., 2014. *Extração de compostos bioativos da amora-preta (Rubus spp.) utilizando líquidos pressurizados.* Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Macheix, J-J.; Fleuriet, A.; Billot, J., 1990. *Fruit Phenolics.* CRC press: Boca Raton, p. 378.

Meireles, M. A. A., 2008. Extraction of Bioactive Compounds from Latin American plants. In: Jose Martinez. (Org.). Supercritical fluid extraction of nutraceuticals and bioactive compounds. Boca Raton: *CRC Press - Taylor e Francis Group*, p. 243-274.

Monrad, J. K.; Howard, L. R.; King, J. W.; Srinivas, K.; Mauromoustakos, A., 2010. Subcritical solvent extraction of anthocyanins from dried red grape pomace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 58, p. 2862-2868.

Oliveira, D. A. D., 2010. *Caracterização fitoquímica e biológica de extratos obtidos de bagaço de uva (Vitis vinifera) das variedades merlot e syrah*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Paes, J.; Dotta, R.; Barbero, G. F.; Martínez, J., 2014. Extraction of phenolics compounds and anthocyanins from blueberry (Vaccinum myrtillus L.) resideus using supercritical CO2 and pressurized liquids. *The Journal of Supercritical Fluids*, Vol. 95, p. 8-16, 2014.

Pérez-Jiménez, J.; Arranz, S.; Tabernero, M.; Díazrubio, M. E.; Serrano, J.; Gono, I.; Saura-Calixto, F., 2008. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant, food, oils and beverages: extraction measurement and expression of results. *Food Research International*, Vol. 41, p.274-285.

Prado, I. M., 2009. *Uso de simulador no estudo de aumento de escala e viabilidade econômica do processo de extração supercrítica de produtos naturais.* Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Rodrigues, L. M., 2013. *Obtenção de extratos com bixina a partir de semente de Urucum desengorduradas: estudos dos parâmetros de processo*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Santos, D. T.; Veggi, P. C.; Meireles, M. A. A., 2012. Optimization and economic evaluation of pressurized liquid extraction of phenolic compounds from jabuticaba skins. *Journal of Food Engineering*, Vol. 108, p. 444-452.

Sarkis, J. R. et al., 2013. Effects of ohmic and conventional heating on anthocyanin degradation during the processing of blueberry pulp. *LWT – Food Science and Technology*, Vol. 51, p. 79-85.

Stalikas, C. D., 2007. Extraction, separation and detection methods for phenolics acids and flavonoids. *Jounal of Separation Science*, Vol. 30, p. 3268-3295.

Su, M.-S.; Silva, J. L., 2006. Antioxidant activity, anthocyanins, and phenolics of rabbiteye blueberry (Vaccinium ashei) by-products as affected by fermentation. *Food Chemistry*, Vol. 97, p. 447-451.

7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PRODUÇÃO DE LACTASE EM FERMENTAÇÃO SUBMERSA

Camila Carla Kriguer
Rafaela Nery de Melo
Cristian Bocalon
Jamile Zeni
Rogério Luis Cansian
Eunice Valduga
Ilizandra Aparecida Fernandes
Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
kamilack@hotmail.com
rafinha.nm@outlook.com
cristian_bocalon@hotmail.com
jamilezeni@uricer.edu.br
cansian@uricer.edu.br
veunice@uricer.edu.br
ilizandrafernandes@yahoo.com.br

Maurício Moura da Silveira
Departamento de Engenharia de Alimentos – Universidade de Caxias do Sul – UCS- Caxias do Sul, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul – RS, CEP 95070-560, Brasil
email: mmsilvei@ucs.br

Ivana Leal
Departamento de Produtos Naturais e Alimentos – Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ- Rio de Janeiro, Avenida Carlos Chagas Filho, 373, Rio de Janeiro – RJ, CEP 219441-902 – RJ, Brasil
ivanafarm@yahoo.com

***Resumo**: A presente pesquisa buscou verificar através de fermentação submersa a produção de lactase (β-Galactosidase), usando como substrato o soro de leite. Foram utilizadas cinco diferentes proporções de soro de leite (10%, 28%, 55%, 82% e 100% de soro) nos meios de fermentação. Os fungos utilizados foram* Aspergillus oryzae *1003 e* Aspergillus niger *9642, uma vez que os dois são conhecidos pela produção de β-Galactosidase. A produção da enzima ocorreu por 96 horas, onde a cada 24 horas foram retiradas amostras para realizar as análises de glicose, potencial de hidrólise em biorreator e biomassa em peso seco. O meio de cultura contendo 100% soro teve o maior crescimento celular (1g/L) em 72 horas de fermentação para ambos os micro-organismos. No que diz respeito ao teor de glicose, o meio fermentado por* A. oryzae *apresentou aproximadamente 3,5 vezes mais glicose do que o* A. niger *em 96 horas de fermentação. Os percentuais máximos de hidrólise da lactose foram de aproximadamente 0,03 g/L com extrato de* A. oryzae *obtido da fermentação com 55% de soro de leite como substrato.*

*Palavras-chave**:*** Aspergillus oryzae, Aspergillus niger, *β-galactosidase*.

1. INTRODUÇÃO

As indústrias de laticínios são responsáveis pelo processamento do leite e produzem os mais diversos derivados, dentre os quais o queijo. Nesse processo, entretanto, uma porção aquosa, conhecida como o soro de leite é também gerada como subproduto. Estima-se que a produção mundial de soro seja superior a 145 milhões de toneladas anuais, pois embora o rendimento da produção de queijo varie de acordo com a sua consistência, para cada quilo de queijo fabricado são produzidos de nove a doze litros de soro. O soro pode atuar como agente de poluição em cursos d'água devido a sua alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), capaz de comprometer a vida de seres bióticos neles presentes (Güven et al., 2008).

O estudo da produção de enzimas torna-se, então, uma proposta interessante para o aproveitamento desse subproduto que é gerado em quantidades maiores do que o mercado consegue utilizar na produção de alimentos, rações

e outros derivados, pois as enzimas apresentam um alto valor de mercado, com uma vasta aplicação em indústrias farmacêuticas, alimentícias e em outros segmentos variados (Learly et al., 2009).

Entre as enzimas de interesse crescente consta a β-galactosidase (lactase), utilizada na produção de doces e de leite com baixo teor de lactose, e em fermentações de meios contendo lactose. O mercado de leites com baixo teor de lactose é significativo pelo fato de aproximadamente 70% da população mundial ser intolerante à lactose, e porque a hidrólise envolvida nesse processo ocasiona a melhora da qualidade de produtos alimentares por evitar a cristalização da lactose e gerar características organolépticas desejáveis, como um sabor peculiar dentro da indústria de sorvete (Reed e Nagodawithana, 1993).

Uma forma viável para a obtenção de enzimas consiste na fermentação com micro-organismos capazes de catalisar a conversão de uma dada substância em um determinado produto. Nessas condições, a produção enzimática, quando comparada aos processos que utilizam subprodutos de origem vegetal e animal, é mais vantajosa por ser planejada de forma a evitar efeitos de sazonalidade de culturas, e ser mais versátil quanto à disponibilidade de matéria-prima. Entre os micro-organismos de maior interesse para produção de enzimas constam os fungos (Borzani et al., 1975).

Diante das possíveis aplicações e da notória importância da β-galactosidase, este trabalho teve por objetivo verificar o crescimento microbiano dos fungos *Aspergillus oryzae* 1003 e *Aspergillus niger* 9642 em meios com diferentes concentrações de soro de leite e avaliar o teor de glicose e hidrólise com lactase utilizando os extratos intracelulares produzidos por cada micro-organismo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Micro-organismo

As cepas dos fungos filamentosos *Aspergillus niger* ATCC 9642 e *Aspergillus oryzae* ATCC 1003 foram utilizadas na bioprodução da lactase por fermentação submersa.

2.2 Produção

O soro de queijo utilizado foi fornecido pela Relat laticínios Renner S.A., situada no município de Estação-RS. Antes de ser utilizado, o soro de leite passou por um pré-tratamento para desproteinização por acidificação, com aquecimento a 93°C e adição de ácido lático até pH 4,8 (Porto, 2001). Após a remoção da fração proteica por precipitação, o soro foi utilizado na formulação dos meios.

No preparo dos meios, a concentração de sais foi fixada em 6,0g/L de $(NH_4)_2SO_4$, 5,0g/L de KH_2PO_4 e 0,6g/L de $MgSO_4.7H_2O$ e a concentração de soro variou em 100, 280, 550, 820 e 1000 mL/L. Em seguida o pH corrigido para 5,5 com solução NaOH (4 mol/L) e esterilizados a 121°C por 15 minutos. As fermentações foram conduzidas em *shaker* a 30°C, agitação de 150 rpm e $1x10^7$ esporos/mL (Santiago et al., 2004). O tempo de acompanhamento da fermentação foi de 96h, sendo retiradas amostras a cada 24 horas para determinação da concentração celular, glicose no meio e hidrólise de lactose.

2.3 Determinação de concentração celular

Para determinar o perfil do crescimento do micro-organismo foi traçada uma curva de crescimento. Onde micro-organismo foi inoculado nos meios de fermentações com as diferentes concentrações de soro. A cada 24 horas foi recolhido uma amostra (destrutiva), a qual foi filtrada em papel filtro e na sequencia as células foram levadas a estufa a 105°C por 24 horas, para determinação do peso seco, por diferença de peso.

2.4 Extração de β-galactosidase das células

Para a realização da extração de β-galactosidase foi realizado a autólise celular, utilizando como solvente o clorofórmio. Para isto, retirou-se 80 mL do meio fermentado contendo as células do fungo, o qual foi filtrado em bomba a vácuo e posteriormente centrifugado a 10.000 rpm por 6 minutos. O sobrenadante foi descartado e o precipitado (células) foi lavado com tampão acetato pH 4,5. Na sequência, este foi novamente centrifugado, sendo o sobrenadante descartado e o precipitado (células) ressuspendido em 10 mL de tampão acetato pH 4,5, no qual acrescentou-se de 10 mL de clorofórmio e transferiu-se para um incubador rotativo com temperatura a 37°C a 150 rpm por 44 horas. Após o término do tempo, a solução foi centrifugada e o sobrenadante foi usado na determinação da atividade enzimática (Barbosa e Araújo, 2007).

2.5 Quantificação do teor de glicose

Para verificar o grau de hidrólise foi empregado o teste de determinação quantitativa de glicose (Spinreact, Espanha). Adicionando-se 1 mL da solução comercial de determinação de glicose em 1 mL de amostra. Após a mistura,

a solução foi incubada por 20 min à 25 ºC. Após a incubação, mediu-se a absorbância da amostra (505 nm). Com a absorbância da amostra, obteve-se a concentração de glicose (mg/L) que foi convertida em valor de porcentagem. Os testes de hidrólise foram realizados em triplicata (Hassemer, 2016).

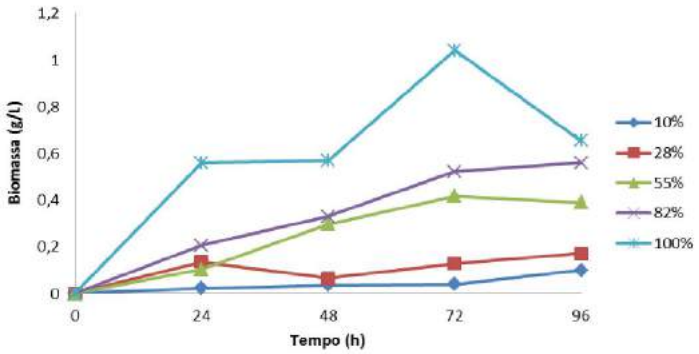
2.6 Hidrólise de lactose

Para realizar a hidrólise, utilizou-se 300 µL de enzima para cada 200 mL de amostra, sendo que a concentração de lactose era de 1 g/L. O processo foi conduzido em frascos encamisados, com controle de temperatura (25 ± 2ºC) e agitação de 120rpm. Nos experimentos realizados, o extrato bruto enzimático foi inserido em um vaso fermentador, sendo que a duração de hidrolise foi de 72 horas para cada amostra (Hassemer, 2016).

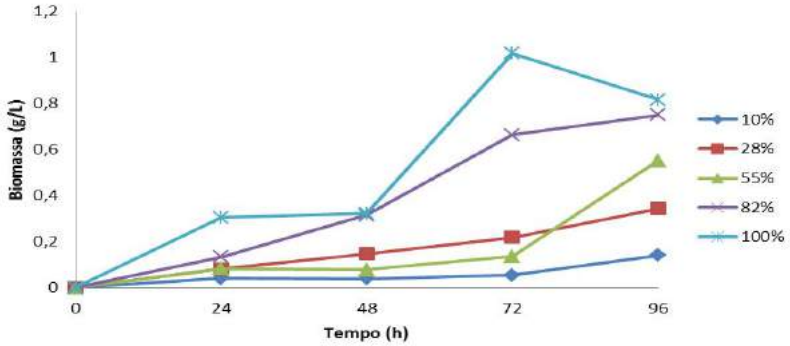
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Crescimento microbiano em diferentes concentrações de soro

Conforme resultados apresentados na Figura 1 (a e b), pode-se observar que para ambos os micro-organismos a maior produção de biomassa foi em 72h de fermentação com meio composto por 100 mL de soro de leite. Observa-se ainda que conforme diminuí a concentração de soro no meio, a produção de biomassa também foi diminuída, com ambos os micro-organismos.



(a) *Aspergillus niger* ATCC 9642



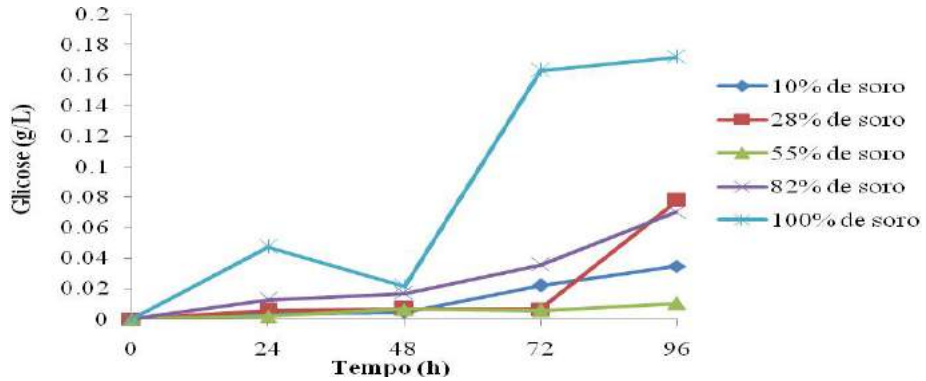
(b) *Aspergillus oryzae* ATCC 1003

Figura 1. Biomassa (g/L) do *Aspergillus niger* ATCC 9642 (a) e *Aspergillus oryzae* ATCC 1003 (b) ao longo de 96 h de fermentação.

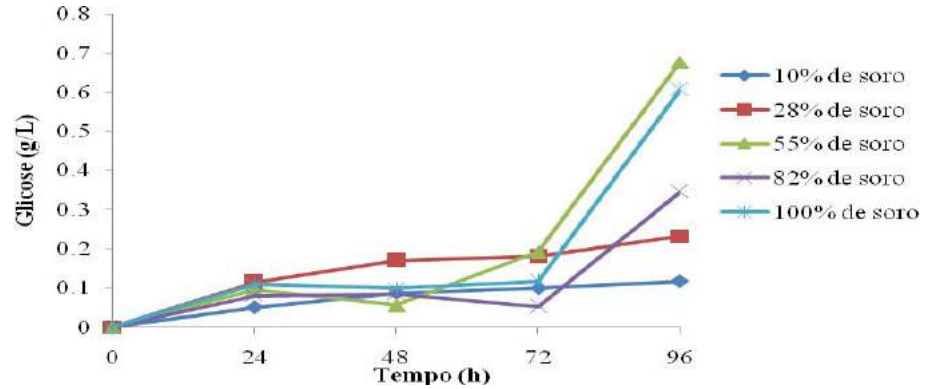
A produção de biomassa atingiu aproximadamente 1,0 g/L com 100% de soro de leite e 0,5 a 0,7 g/L na concentração de 82%, para ambos os fungos em 72 h de fermentação. Entretanto, com 55% de soro de leite em 72 h de fermentação, o fungo *A. niger* apresentou produção de biomassa maior em relação ao *A. oryzae.* Nas demais concentrações, a produção de biomassa foi baixa, independentemente do tempo de fermentação e do micro-organismo. Reis et al. (2015) avaliando o potencial biotecnológico de *A. parasiticus*, obtiveram até 68,1 g/L de biomassa tendo como substrato 45% de resíduo de sorvete e 30% de soro de leite. Esta diferença de resultados se justifica pela maior riqueza nutricional do meio utilizado pelos autores citados.

3.2 Quantificação de glicose intracelular

Os teores de glicose intracelular obtidos com os diferentes meios, durante 96 horas de fermentação, com *A. niger* e *A. oryzae*, são apresentados na Figura 2.



(a) *Aspergillus niger* ATCC 9642



(b) *Aspergillus oryzae* ATCC 1003

Figura 2. Teor de glicose intracelular dos diferentes meios de fermentação durante 96 horas de processo fermentativo para *A. niger* (a) e *A. oryzae* (b).

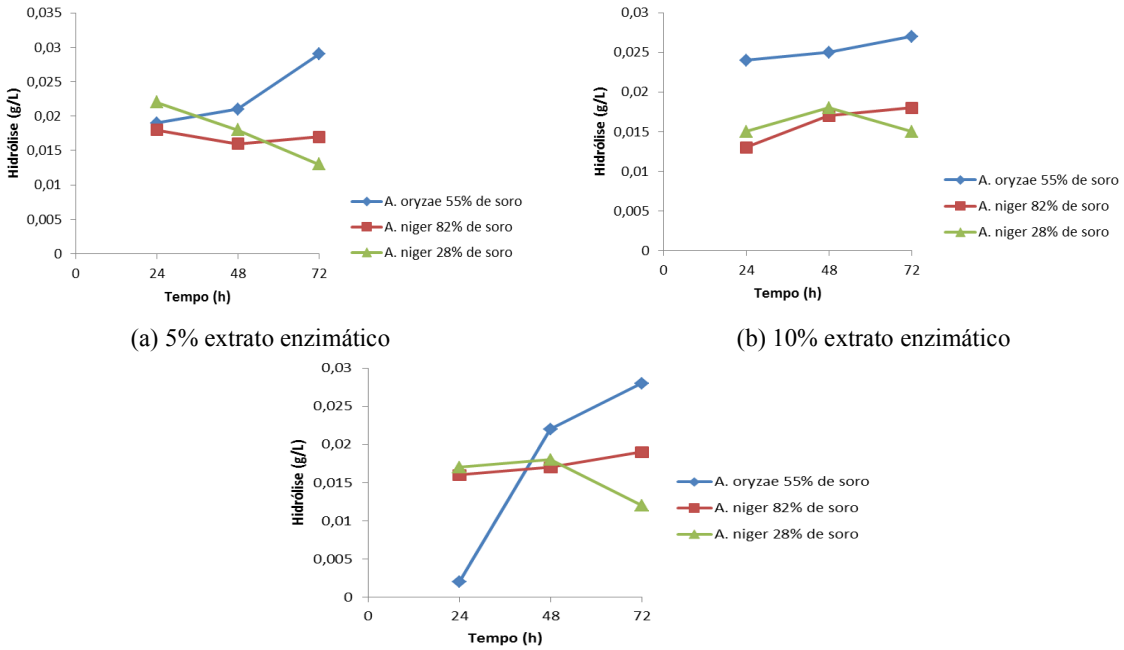
Os teores de glicose intracelular apresentaram os maiores valores com 100% de soro de leite como substrato para ambos os fungos, maior liberação com *A. oryzae* (~0,6 g/L) em relação à *A. niger* (~0,17 g/L) (aproximadamente 3,5 vezes mais), com 96 horas de fermentação.

De maneira geral, estes baixos teores de glicose eram esperados, uma vez que foram quantificados a partir da fermentação em presença dos fungos, os quais produzem a enzima para hidrólise da lactose, mas simultaneamente consomem a glicose produzida. Ainda assim, como as biomassas produzidas pelos dois fungos foi semelhante, a sobra maior de glicose na fermentação com *A. oryzae* em relação a *A. niger* pode ser um indicativo de maior produção da enzima β-galactosidase por parte deste primeiro.

No estudo realizado por Santiago et al. (2004) foi utilizado o fungo *Kluyveromyces marxianus* para a produção de lactase, sendo que sua mais alta atividade enzimática esteve presente em 12 horas de fermentação. No presente trabalho a máxima concentração de glicose no meio de fermentação foi em 96 horas, a diferença de tempo se da por características diferentes das espécies de fungos utilizadas.

3.3. Hidrólise da lactose com extrato enzimático bruto intracelular

A fim de avaliar a hidrólise da lactose e verificar o potencial de aplicação da enzima produzida pelos micro-organismos estudados, realizou-se ensaios de hidrólise da lactose com o extrato enzimático bruto após autólise das células microbianas (intracelular). Foram avaliadas diferentes concentrações de extrato enzimático (5, 10 e 15 %) de *A. niger* e *A. oryzae* (contendo diferentes proporções de soro, 28, 55 e 82%) em diferentes tempos de fermentação (Figura 3).



(a) 5% extrato enzimático

(b) 10% extrato enzimático

(c) 15% extrato enzimático

Figura 3. Hidrólise da lactose com concentração de extrato enzimático intracelular de 5% (a), 10% (b) e 15% (c).

Os percentuais máximos de hidrólise da lactose foram de aproximadamente 0,03 g/L com extrato de *A. oryzae* obtido da fermentação com 55% de soro de leite como substrato.

No estudo realizado por Trevisan (2008) o mesmo obteve em média 80% de hidrólise de lactose em leite integral pasteurizado, utilizando enzimas lactases comerciais aplicadas em temperaturas de 14 a 29°C. O valor obtido é muito maior que o apresentado no trabalho, pois o autor fez o estudo de temperatura ideal e utilizou enzima em uma concentração superior.

4. CONCLUSÕES

No trabalho apresentado pode-se concluir quanto biomassa os dois diferentes tipos de fungos (*Aspergillus oyzae e Aspergillus niger*) obtiveram um melhor crescimento em meio com soro de leite puro com 72 horas de fermentação submersa. Em relação a determinação de glicose na concentração intracelular, o fungo *A. niger* não apresentou quantidades altas de glicose, sendo que sua maior produção foi no tempo de 96 horas com um meio de soro de leite puro, enquanto o *A. oryzae* se mostrou bem superior quanto a produção de glicose intracelular, também com 96 horas de fermentação, mas com 55% de soro de leite no meio, tendo uma concentração de 3,8 vezes maior de glicose do que produzido pelo *A. niger*. O potencial de hidrólise de lactose foi alterado, o *A. oryzae* foi o melhor com uma concentração de 15% de extrato, produzido em um meio constituído de 55% de soro de leite em 72 horas de hidrólise, sendo este o que apresenta maior produção de lactase (β-Galactosidase) quando comparado com os outros dois resultados do *A. niger*.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS, CAPES, CNPq e URI Campus de Erechim pelo apoio e pela infraestrutura para realização dos experimentos.

6. REFERÊNCIAS

Barbosa M.R. e Araújo E.H., 2007. Estudo da Produção da Enzima Lactase utilizando soro de queijo e fungo filamentoso *Aspergillus niger. Revista Horizonte Científico*, v. 1, n.1.

Borzani, W.; Lima, U. De A. e Aquaroni, E., 1975. *Engenharia Bioquímica*. Edgard Blücher Ltda, Brasil, Vol. 3.

Güven, G; Perendeci, A. and Tanyolaç, A., 2008. Electrochemical treatment of deproteinated whey wastewater and optimization of treatment conditions with response surface methodology. *Journal of Hazardous Materials*, v. 157, n. 1, p. 69-78.

Hassemer, G. S., 2016. *Produção de P(3HB) por Bacillus megaterium utilizando permeado de soro de leite*. Dissertação de mestrado (ciência e tecnologia de alimentos). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 33-35.

Learly, D.; Vierros, M.; Hamon,G.; Arico, S. and Monagle, C., 2009. Marine genetic resources: A review of scientific and commercial interest. *Marine Policy*, v. 33, n. 2,p. 183-194.

Porto, L.M., 2001. *Estudo e determinação das melhores condições operacionais do processo de produção da ricota*. p. 97 Dissertação (Mestre em Engenharia Química), Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Reed, G. and Nagodawithana, T., 1990. *Enzymes and biotechnology*. 2nd Ed., New York, Applied Science Publishers.

Reis, R.L.S.; Leão, N.S.R.; Souza, A.F.; Silva, G.K.B.; Luna, M.A.C.; Silva, C.A.A.; Okada, K., 2015. Avaliação do potencial biotecnológico de *Aspergillus parasiticus* ucp 1281 no biotratamento de efluentes da indústria de laticínios e produção de lipídeos. *e-xacta*, v. 8, n. 1, p. 31-42.

Santiago P.A.; Marquez L.D.S.; Cardoso V.L. e Ribeiro E.J., 2004. Estudo da produção de β-galactosidase por fermentação de soro de queijo com *Kluyveromyces marxianus*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 4, p. 567-572.

Trevisan, A. P., 2008. *Influência de diferentes concentrações de enzimas lactase e temperaturas sobre a hidrólise da lactose em leite pasteurizado*. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Maria, RS – Brasil.

7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

EFEITO DO TRATAMENTO COM GLP PRESSURIZADO NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE PECTINAMETILESTERASE IMOBILIZADA EM SUPORTE DE POLIURETANO

Carolina Elisa Demaman Oro[1]*
Iloir Gaio[1,2]
Adriana Márcia Graboski[1]
Ilizandra Aparecida Fernandes[1]
Rogério Marcos Dallago[1]
Eunice Valduga[1]
Agenor Furigo Jr.[2]
[1] Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), 99709-910, Erechim, RS, Brasil. e-mail: carolina.oro@hotmail.com.
[2] Departamento de Engenharia Química - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. e-mail: iloirgaio@yahoo.com.br

Resumo. *As enzimas pectinolíticas possuem uma ampla gama de aplicações nas industriais alimentícias, farmacêuticas e têxteis. Por isso, deve-se procurar um catalisador que tenha a sua atividade incrementada e seja fácil de ser removido e reutilizado no processo, como ocorre com a enzima imobilizada. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do GLP pressurizado na atividade enzimática de pectinametilesterase (PME) de pectinase comercial (Pectinex® Ultra SP-L) imobilizada em suporte de poliuretano (PU). Um planejamento fatorial 2^3 foi realizado para avaliar os parâmetros de pressão (30 -190 bar), tempo (1 – 6 h) e despressurização(20 – 100 bar/min) do sistema de fluido supercrítico. A enzima imobilizada em suporte de poliuretano (PU) e tratada com GLP pressurizado apresentou um acréscimo de atividade de 56% quando submetida a uma condição de pressão de 190 bar, 1 h e taxa de despressurização de 100 bar/min.*

Palavras-chave: *Fluido supercrítico, GLP, Pectinametilesterase, Poliuretano*

1. INTRODUÇÃO

O uso de fluidos supercríticos como meio verde não-aquoso para reações sintéticas catalisadas por enzimas tem sido amplamente estudado durante as últimas décadas devido às suas excelentes propriedades (Lozano *et al*., 2007; Senyay-Oncel e Yesil-Celiktas, 2013). Em comparação com os meios convencionais de reação, os fluidos supercríticos (FSC) possuem várias vantagens, que são condições de reação relativamente suaves e altas taxas de difusão molecular e de transferência de calor, além da ausência de limitações de transferência de massa gás-líquido e a possibilidade de interações moleculares com as espécies que reagiram dissolvidas (Arai *et al*., 2009; Perez *et al*., 2010; Senyay-Oncel e Yesil-Celiktas, 2013). A catálise enzimática em fluidos pressurizados (supercríticos) apresenta interesse particular para as indústrias farmacêuticas e de alimentos, principalmente devido à facilidade de recuperação dos produtos, livres de solventes, ao final do processo.

A aplicabilidade industrial das enzimas é sempre obstruída devido a limitações mais elevadas, como baixa estabilidade operacional, dificuldade de recuperação e reutilização, o que as torna inacessíveis (Sheldon e Van Pelt, 2013; Sojitra *et al*., 2017). A imobilização de enzimas é uma das estratégias mais populares para melhorar a estabilidade enzimática, a reciclabilidade e também facilitar a recuperação do produto final (Sheldon, 2007; Hanefeld *et al*., 2009; Alagöz *et al*., 2016).

As enzimas pectinolíticas possuem várias aplicações em escala industrial. Ressalta-se a clarificação enzimática de sucos naturais utilizando como biocatalizador uma pectinase, que surge como um processo com condições mais brandas de temperatura e pH, e também mais favorável ambientalmente.

A pectinametilesterase (PME) também conhecida por polimetilgalacturonase (PMG) catalisa a remoção dos grupos metil, atuando nos finais redutores e no interior das cadeias pécticas com alto grau de esterificação (reduzindo seu peso), por consequência, sua atividade é mais alta quando de 65-75 % da pectina está metilada (Cosgrove, 1997; Evangelista *et al.*, 2000).

O sucesso de biomateriais a partir de polímeros é a relativa facilidade/baixo custo em que eles podem ser sintetizados com ampla faixa de propriedades como: alta resistência mecânica, baixo atrito, dureza, elasticidade. A grande variedade de reações envolvidas na ciência dos polímeros torna altamente desejável descobrir e desenvolver novas estratégias de síntese e gerar novos biomateriais poliméricos a partir dessas estratégias, buscando assim novas formas de aplicações destas estruturas (Vilmar, 2013).

A formação da espuma de PU ocorre em duas fases,a primeira fase é de dispersão dos reagentes (poliol e isocianato) onde o primeiro passo no processo de formação de espuma consiste em compatibilizar vários ingredientes, alguns dos quais imiscíveis. Em seguida ocorre a segunda fase, a de nucleação, onde as bolhas de ar são introduzidas durante a etapa de mistura dos reagentes (Canaud, 2007; Vilmar, 2013).

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do GLP pressurizado na atividade enzimática de pectinametilesterase (PME) imobilizada em suporte de poliuretano (PU).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Termodinâmica/Separação e Mistura da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim.

Para a condução do estudo, foi utilizada uma pectinase comercial, na forma livre, que foi gentilmente cedida pela empresa LNF Latino Americana Ltda. O nome comercial da enzima é Pectinex® Ultra SP-L e ela é produzida por fermentação submersa pelos fungos filamentosos *Aspergillus aculeatus* e *Aspergillus niger*.

2.1 Imobilização em suporte de poliuretano (PU)

A reação de polimerização do poliuretano foi realizada variando a razão molar dos monômeros poliol:isocianato (5:3,v/v), com base no trabalho realizado por Silva *et al.* (2013).

A reação de polimerização foi conduzida com uma seringa graduada pela qual os monômeros foram misturados e, posteriormente, homogeneizados com auxílio de um bastão de vidro, durante 30 s. Após esta etapa ocorreu o estágio de polimerização (5 mins) do poliuretano, expansão da espuma e completa solidificação.

Após a etapa de polimerização, o poliuretano contendo a enzima (imobilizado) foi mantido durante 24 h em dessecador para equalização do teor de umidade. Após, a estrutura formada com a enzima inclusa foi pesada, triturada, homogeneizada, tratada em fluidos pressurizado (GLP) e submetida à medida da atividade enzimática antes a após o tratamento com o fluido pressurizado.

2.2 Aparato experimental para o tratamento da enzima utilizando GLP pressurizado

O equipamento consistiu basicamente de um reservatório de solvente, um banho termostático, uma bomba de seringa (ISCO 260 D), uma reator de aço inoxidável com um volume interno de 50 mL, um transdutor de pressão absoluta (Smar, LD301) equipado com um programador portátil (Smar, HT201) com uma precisão de ± 0,4 bar. O diagrama esquemático do equipamento é apresentado na Figura 1. Todas as linhas de montagem experimental empregaram tubulações de aço inoxidável com diâmetro externo 1/16'' (HIP). Uma "check valve" (HIP 15-41AF1-T316SS) foi colocada entre a bomba e o reservatório de solvente para evitar o refluxo de solvente pressurizado.

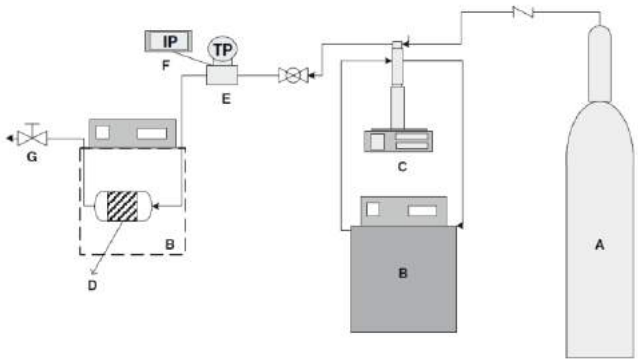


Figura 1. Diagrama esquemático do aparato utilizado no tratamento das enzimas com o fluido pressurizado. A - reservatório de solvente; B - banho termostático; C - bomba de seringa; D - reator/célula de aço; E – Indicador de pressão; F - Transdutor de pressão; G - válvula micrométrica.

O banho termostático foi ajustado para 37°C para todos os experimentos. Quando a temperatura encontrava-se estável, a enzima imobilizada (em média 36 g) era acondicionada na célula e esta era acoplada ao sistema. Após este procedimento, o sistema era alimentado e pressurizado com GLP até a pressão estabelecida pelo planejamento

experimental por um tempo determinado. Depois de decorrido o tempo estipulado, o sistema era despressurizado a uma taxa também estabelecida. O planejamento de experimentos (2^3) é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis e níveis experimentais avaliados no planejamento composto central 2^3 utilizando GLP pressurizado.

Variáveis Independentes	**Níveis**		
	-1	**0***	**1**
Pressão (bar)	30	110	190
Tempo (h)	1	3,5	6
R (bar.min^{-1})	20	60	100

*Triplicata do ponto central.

2.3 Determinação da atividade enzimática

A atividade de pectinametilesterase (PME) foi determinada segundo Hultin *et al*. (1966) com modificações (temperatura controlada a 55°C ± 2).

Inicialmente foi adicionado 30 mL de solução de pectina cítrica a 1 % em NaCl 0,2 M em um erlenmeyer e ajustado o pH em 4,5 (pH do planejamento experimental). Em seguida, foi adicionado 1ºmL do extrato enzimático. A reação enzimática ocorreu em um shaker com temperatura de 55ºC ± 2 durante 30 min. Após a reação, o pH da solução foi mantido em torno de 4,5, por 10 min, com NaOH 0,005 M. Uma unidade de atividade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 µmol de NaOH min^{-1} mL^{-1}, nas condições do ensaio.

Para determiner a atividade residual (%), foi determinada a atividade enzimática inicial e atividade final, depois do tratamento com fluido pressurizado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a matriz do planejamento fatorial 2^3 (valores reais e codificados) e respostas em atividade residual (%) da enzima pectinametilesterase (PME) do complexo enzimático comercial Pectinex® Ultra SP-L imobilizado em poliuretano, após o tratamento com GLP. Verifica-se que houve aumento de atividade enzimática da pectinametilesterase em quase todos os experimentos tratados com fluido pressurizado (GLP).

Tabela 2. Matriz do Planejamento fatorial 2^3 (valores reais e codificados) do tratamento com fluido pressurizado GLP e resposta em atividade residual de pectinametilesterase (PME) do complexo enzimático comercial Pectinex® Ultra SP-L imobilizada em suporte de poliuretano.

Complexo enzimático comercial - Pectinex® Ultra SP-L				
	Variáveis Independentes			**Resposta**
Ensaio	**Pressão (bar)**	**Tempo (h)**	**R (bar.min-¹)**	**Atividade Residual de PME (%)**
1	30 (-1)	1 (-1)	20 (-1)	150,00
2	30 (-1)	1 (-1)	100 (1)	100,00
3	30 (-1)	6 (1)	20 (-1)	81,25
4	30 (-1)	6 (1)	100 (1)	131,25
5	190 (1)	1 (-1)	20(-1)	93,75
6	190 (1)	1 (-1)	100 (1)	156,25
7	190 (1)	6 (1)	20 (-1)	156,25
8	190 (1)	6 (1)	100 (1)	93,75
9	110 (0)	3,5 (0)	60 (0)	131,25
10	110 (0)	3,5 (0)	60 (0)	128,75
11	110 (0)	3,5 (0)	60 (0)	128,75

Atividade Enzimática Imobilizada Inicial = 1,6 U/g

De acordo com a Tabela 2, verifica-se que a maior a atividade residual foi de 156,25 % obtida nos ensaios 6 e 7 (Pressão = 190 bar; Tempo = 1 h e 6 h, R= 100 bar.min-¹). Os resultados podem ser melhor visualizados pelo gráfico de

pareto (Figura 2), onde verifica-se que a pressão e a interação do tempo e a taxa de despressurização exerceram efeitos significativos ($p<0,05$) positivos. No entanto, o tempo e a interação tempo com a taxa de despressurização influenciaram negativamente na atividade da enzima PME (Pectinex® Ultra SP-L).

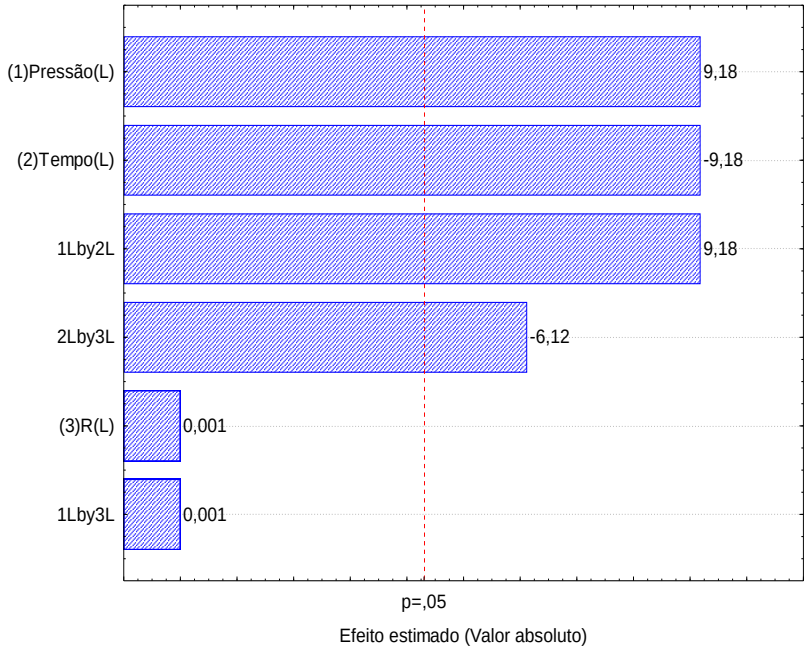


Figura 2. Gráfico de pareto (efeitos estimados) das variáveis do Planejamento fatorial 2^3 para a atividade enzimática de pectinametilesterase (PME) do complexo enzimático comercial Pectinex® Ultra SP-L.

4. CONCLUSÃO

A enzima Pectinex® Ultra SP-L imobilizada em suporte de poliuretano (PU) e tratada com GLP pressurizado apresentou um acréscimo da atividade de pectinametilesterase (PME) de 56 % quando submetida a uma pressão de 190 bar, 1 h e despressurizada a uma taxa de 100 bar/min. O tratamento empregando GLP pressurizado é eficaz no incremento da atividade enzimática de pectinametilesterase.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à URI Erechim, CAPES, o CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro e infraestrutura.

6. REFERÊNCIAS

Alagöz, D.; Tükel, S. S.; Yildirim, D. 2016. Immobilization of pectinase on silica-based supports: Impacts of particle size and spacer arm on the activity. *International Journal of Biological Macromolecules* 87, 426–432.

Arai, M.; Fujita, S.; Shirai, M.; J., 2009. Multiphase catalytic reactions in/under dense phase CO_2. Supercrit. Fluids 47, 351–356.

Canaud, C., 2007. *Tecnologia do Poliuretano*, Dossiê técnico. Rede de tecnologia do Rio de Janeiro. REDETEC, Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT.

Cosgrove, D.J., 1997. Assembly and enlargement of the primary cell wall in plants, *Annu Ver Cell Dev. Biol*. 13, 171-201.

Evangelista, R.M.; Chitarra, A.B.; Chitarra, M.I.F., 2000. Influência da aplicação pré-Colheita de cálcio na textura e na atividade das enzimas Poligalacturonase, Pectinametilesterase e galactosidase de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração. *Ciência e Agrotecnologia*. 24,174-181.

Hanefeld, U.; Gardossi, L.; Magner, E., 2009. Understanding enzyme immobilisation, *Chem. Soc. Rev*. (38) 453–468.

Hultin, H. O.; Sun, B.; Bulger, J., 1966. Pectin methyl esterase of the banana. Purification and properties. *Journal of Food Science*, Chicago, 31(3), 320-327.

Lozano, P.; De Diego, T.; Sauer, T.; Vaultier, M.; Gmouh, S.; Iborra, J. L., 2007. On the importance of the supporting material for activity of immobilized Candida antarctica lipase B in ionic liquid/hexane and ionic liquid/supercritical carbon dioxide biphasic media. *J. Supercrit. Fluids* 40, 93–100.

Perez, M.; Sinisterra, J. V.; Hernaiz, M. J., 2010. Hydrolases in green solvents. *Curr. Org. Chem*. 14, 2366–2383.

Senyay-Oncel, D.; Yesil-Celiktas, O., 2013. Treatment of immobilized α-amylase under supercritical CO_2 conditions: Can activity be enhanced after consecutive enzymatic reactions?. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 91,72– 76.

Sheldon, R. A., 2007. Enzyme immobilization: the quest for optimum performance, *Adv. Synth. Catal.* 349, 289–1307.

Sheldon, R. A.; Van Pelt, S., 2013. Enzyme immobilisation in biocatalysis: Why,what and how. Chemical Society Reviews, 42, 6223–6235.

Silva, M. F.; Rigo, D.; Mossi, V.; Dallago, R. M.; Henrick, P.; Kuhn, G. O.; Dalla Rosa, C.; Oliveira, D.; Oliveira, J. V.; Treichel, H., 2013. Evaluation of enzymatic activity of commercial inulinase from *Aspergillus niger* immobilized in polyurethane foam. *Food and Bioproducts Processing*, 91, 54-59.

Sojitra, U. V.; Nadar, S. S.; Rathod, V. K., 2017. Immobilization of pectinase onto chitosan magnetic nanoparticles bymacromolecular cross-linker. Carbohydrate Polymers 157, 677–685.

Vilmar, W.D., 2013. *Química Tecnológica dos poliuretanos*. Rio de Janeiro.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DA ESTABILIDADE OPERACIONAL (RECICLOS) DE PECTINASES COMERCIAIS IMOBILIZADAS EM SUPORTE DE GELATINA-ALGINATO

Carolina Elisa Demaman Oro[1]*
Iloir Gaio[1,2]
Ilizandra Aparecida Fernandes[1]
Rogério Marcos Dallago[1]
Eunice Valduga[1]
Agenor Furigo Jr.[2]
[1] Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), 99709-910, Erechim, RS, Brasil. e-mail: carolina.oro@hotmail.com.
[2] Departamento de Engenharia Química - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. e-mail: iloirgaio@yahoo.com.br

Resumo. *A imobilização enzimática é considerada uma das técnicas mais efetivas para garantir a estabilidade opecional, pois além de estabilizar as enzimas, permite recuperação e reutilização fácil para ciclos múltiplos. o objetivo do presente trabalho foi avaliar a estabilidade operacional (reciclos de utilização) de pectinases comerciais imobilizadas em suporte de gelatina-alginato e tratadas com GLP pressurizado. As enzimas pectinametilesterase (PME) e pectina liase (PMGL) do complexo enzimático Pectinex® Ultra SP-L foram imobilizadas em suporte de gelatina-alginato e tratadas com gás liquefeito de petróleo (GLP) pressurizado. As enzimas mostraram resultados satisfatórios, sendo possível a sua reutilização em aproximadamente 3 ciclos, mantendo uma atividade residual acima de 50%. Assim, o suporte de imobilização de gelatina-alginato mostrou-se como uma alternativa atraente para a imobilização de enzimas pectinolíticas.*

Palavras-chave: *Fluido supercrítico, GLP, Imobilização, Reciclos*

1. INTRODUÇÃO

As pectinases são biotecnologicamente importantes porque têm aplicações em potencial no processamento de frutas e legumes, como na clarificação de sucos de frutas, na maceração das fibras naturais, no tratamento de águas residuais pécticas, na fermentação de café e folhas de chá, na extração de óleo e na indústria farmacêutica (Yadav *et al*., 2008; Khan *et al*., 2013).

A técnica de imobilização é conhecida como uma eficiente forma de fornecer à enzima muitas vantagens, como o aumento da atividade enzimática, maior estabilidade e possibilidade de reutilização (Garcia-Galan *et al*., 2011).

A imobilização de células em alginato de cálcio tem sido utilizada na etapa de bioconversão, pois apresenta vantagens como a facilidade de separação das células/enzimas do produto final e a possibilidade de reutilização do biocatalisador imobilizado em bateladas repetidas de conversão (Carra *et al*., 2015).

Sendo o catalisador reutilizável pela técnica de imobilização, torna-se imprescindível o estudo do comportamento dos seus reciclos de utilização para determinar o número máximo de vezes que a enzima imobilizada pode ser utilizada, sem afetar significativamente a produtividade do processo.

A catálise enzimática em fluidos pressurizados (supercríticos) apresenta interesse particular para as indústrias farmacêuticas e de alimentos, principalmente devido à facilidade de recuperação dos produtos que são livres de solventes ao final do processo. Assim, o estudo da sua influência na atividade e estabilidade enzimática é um fator de grande importância.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a estabilidade operacional (reciclos de utilização) de pectinases comerciais imobilizadas em suporte de gelatina-alginato e tratadas com GLP pressurizado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Termodinâmica/Separação e Mistura da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim.

Para a condução do estudo, foi utilizada uma pectinase comercial, na forma livre, que foi gentilmente cedida pela empresa LNF Latino Americana Ltda. O nome comercial da enzima é Pectinex® Ultra SP-L e ela é produzida por fermentação submersa pelos fungos filamentosos *Aspergillus aculeatus* e *Aspergillus niger*. No presente estudo, as enzimas pectinolíticas estudadas foram a pectinametilesterase (PME) e a pectina liase (PMGL).

2.1 Imobilização em suporte de gelatina-alginato

Na imobilização foram empregadas gelatina e solução de $CaCl_2$, segundo método proposto por Shen (2011) e Vargas (2013), com modificações. Para o preparo da solução gel, adicionou-se 10 mL de solução tampão oxalato de sódio e 2 % de alginato de sódio, que foram aquecidos (~60 ºC) até a dissolução. Após o resfriamento da solução gel, acrescentou-se 3 mL de extrato enzimático (Pectinex® Ultra SP-L). O gel formado foi gotejado em 50 mL de solução de $CaCl_2$ 75 mmol/L previamente preparado com 1 % de gelatina. Em seguida, as microesferas foram lavadas com 100 mL de água destilada e 100 mL de tampão acetato de sódio (100 mM, pH 4,5) e então, armazenadas a 4 ºC em recipiente de plástico com tampa, sendo este recipiente plástico com a enzima colocado dentro de um vidro com sílica gel.

2.2 Aparato experimental para o tratamento da enzima utilizando GLP pressurizado

O equipamento consistiu basicamente de um reservatório de solvente, um banho termostático, uma bomba de seringa (ISCO 260 D), uma reator de aço inoxidável com um volume interno de 50 mL, um transdutor de pressão absoluta (Smar, LD301) equipado com um programador portátil (Smar, HT201) com uma precisão de ± 0,4 bar. O diagrama esquemático do equipamento é apresentado na Figura 1. Todas as linhas de montagem experimental empregaram tubulações de aço inoxidável com diâmetro externo 1/16'' (HIP). Uma "check valve" (HIP 15-41AF1-T316SS) foi colocada entre a bomba e o reservatório de solvente para evitar o refluxo de solvente pressurizado.

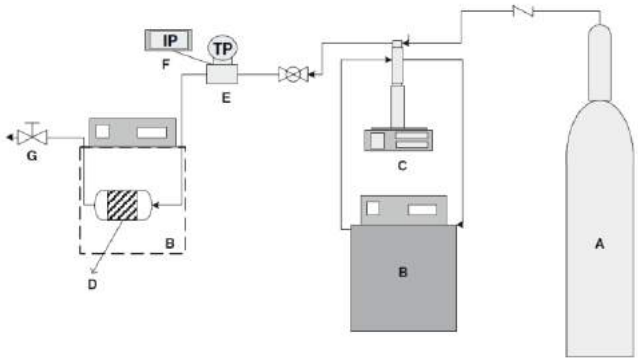


Figura 1. Diagrama esquemático do aparato utilizado no tratamento das enzimas com o fluido pressurizado. A - reservatório de solvente; B - banho termostático; C - bomba de seringa; D - reator/célula de aço; E – Indicador de pressão; F - Transdutor de pressão; G - válvula micrométrica.

O banho termostático foi ajustado para 37°C para todos os experimentos. Quando a temperatura encontrava-se estável, a enzima imobilizada (em média 36 g) era acondicionada na célula e esta era acoplada ao sistema. Após este procedimento, o sistema era alimentado e pressurizado com GLP até a pressão estabelecida pelo planejamento experimental por um tempo determinado. Depois de decorrido o tempo estipulado, o sistema era despressurizado a uma taxa também estabelecida, conforme um planejamento de experimentos (2^3). As enzimas foram imobilizadas em suporte de gelatina-alginato utilizando os ensaios onde obteve-se os melhores resultados de atividade após o tratamento com fluido pressurizado (GLP). Para a PMGL, a melhor condição foi de 30 bar, tempo de 1 h e 100 bar/min. Para a PME, a melhor condição foi de 110 bar, tempo de 3,5 h e 60 bar/min.

2.3 Determinação da atividade enzimática

Pectinametilesterase (PME)

A atividade de pectinametilesterase (PME) foi determinada segundo Hultin *et al*. (1966) com modificações (temperatura controlada a 55°C ± 2).

Inicialmente foi adicionado 30 mL de solução de pectina cítrica a 1 % em NaCl 0,2 M em um erlenmeyer e ajustado o pH em 4,5 (pH do planejamento experimental). Em seguida, foi adicionado 1ºmL do extrato enzimático. A reação enzimática ocorreu em um shaker com temperatura de 55ºC ± 2 durante 30 min. Após a reação, o pH da solução foi mantido em torno de 4,5, por 10 min, com NaOH 0,005 M. Uma unidade de atividade de PME foi definida como a

quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 µmol de NaOH min^{-1} mL^{-1}, nas condições do ensaio.

Para determiner a atividade residual (%), foi determinada a atividade enzimática inicial e atividade final, depois do tratamento com fluido pressurizado.

Pectina liase (PMGL)

A atividade da pectina liase foi determinada segundo método de Ayers *et al.* (1966), descrito por Pitt (1988), com algumas modificações, onde determinou-se os produtos insaturados finais da degradação da pectina e o ácido tiobarbitúrico.

Uma unidade da atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima que causa a mudança de 0,01 na absorbância a 550 nm, nas condições do ensaio.

2.4 Estabilidade operacional

As esferas do extrato pectinolítico imobilizado (~0,5 g) foram usadas sucessivamente em diferentes ciclos de medida de atividade. A cada ciclo de reuso, aproximadamente 0,5 g do imobilizado utilizado anteriormente permanecia em contato por 5 min em 20 mL de solução de acetato de sódio (100 mM, pH 4,5). Posteriormente, foi realizada a secagem a vácuo das esferas utilizando funil de buchner e kitassato. A atividade das pectinases (PMGL e PME) inicial foi considerada 100% e avaliou-se a atividade residual (%) após cada ciclo de reuso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o perfil de atividade relativa (%), em relação aos ciclos de reutilização, obtidos para enzimas pectinametilesterase (PME) e pectina liase (PMGL). Utilizou-se a enzima apenas imobilizada, sem outro tipo de tratamento, como controle para verificar a eficácia do tratamento empregado.

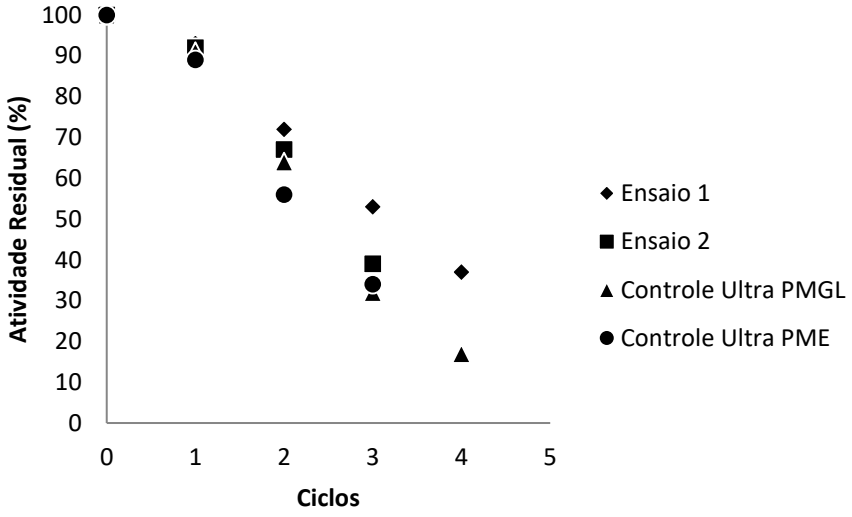


Figura 2. Atividade relativa (%) das enzimas pectina liase (PMGL) e pectinametilesterase (PME) do complexo enzimático comercial Pectinex® Ultra SP-L imobilizado em suporte de gelatina-alginato após o tratamento com GLP e nos respectivos ciclos de reutilização (Ensaio 1 PMGL: 30 bar, tempo de 1 h e 100 bar/min; Ensaio 2 PME: 110 bar, tempo de 3,5 h e 60 bar/min).

Conforme a Figura 2, a enzima pectina liase (PMGL) (Ensaio 1) mostrou o melhor resultado, pois manteve a sua atividade por 3 ciclos de utilização e atingiu 53% de atividade relativa, enquanto que o controle obteve 2 ciclos atingindo 64%. A enzima pectinametilesterase (PME) (Ensaio 2) manteve a sua atividade por 2 ciclos apresentando 67% de atividade relativa e o seu controle 56% igualmente em 2 ciclos de utilização.

Segundo Buga et al. (2010), esse efeito de perda gradual da atividade pode ser devido à fuga da enzima ao meio reacional e à inativação pelo calor.

Valores de atividade residual nos reusos de pectinases também se têm reportado, porém em outros suportes de imobilização. Csanádi e Sisak (2006), ao avaliarem o reuso da enzima Pectinex® Ultra SP-L imobilizada em resina de Amberlite IRA900 Cl, determinaram, que pode ser usada por 12 ciclos consecutivos para a produção de frutooligossacarídeos. Li et al., (2007) estudaram a imobilização de pectinase comercial em suporte ativado de ágar-gel e encontraram que a enzima imobilizada matem 81% de atividade residual após 10º ciclo de reação.

4. CONCLUSÃO

As enzimas pectinametilesterase (PME) e pectina liase (PMGL) apresentaram resultados satisfatórios, mostrando que podem ser utilizadas em aproximadamente 3 ciclos, mantendo a sua atividade acima de 50%. Dessa forma, o suporte de imobilização foi eficaz em aprisionar a enzima e permitir a reutilização, assim como foi possível observar que os melhores valores de atividade residual foram atingidos pelas enzimas que haviam sido tratadas com GLP pressurizado.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à URI Erechim, CAPES, o CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro e infraestrutura.

6. REFERÊNCIAS

Ayers, W. A.; Papavizas, G. C.; Diem, A. F. 1966. Polygalacturonate trans-eliminase and polygalacturonase production by *Rhizoctonia solani. Phytopatol*., 56, 1006-1011.

Buga, M.; Ibrahim, S.; Nok, A., 2010. Physico-chemical characteristics of immobilized polygalacturonase from Aspergillus niger (SA6), *African Journal of Biotechnology*, v. 9, n. 52, p. 8934-8943.

Carra S, Rodrigues DC, Beraldo NMC, Silveira MM, Bassani VL, Malvessi E., 2015. Reuso de células imobilizadas de Zymomonas mobilis para a produção de ácido lactobiônico. *XX SINAFERM*, Fortaleza, CE.

Csanádi, Z.; Sisak, C., 2006. Immobilization of Pectinex Ultra SP-L pectinase and its application to production of fructooligosaccharides. *Acta Alimentaria*, v. 35, n. 2, p. 205–212.

Garcia-Galan, C.; Berenguer-murcia, A.; Fernández-lafuente, R.; Rodrigues, R. C., 2011. Potential of different enzyme immobilization strategies to improve enzyme performance. *Advanced synthesis & catalysis*, v. 353, 2885–2904.

Hultin, H. O.; Sun, B.; Bulger, J., 1966. Pectin methyl esterase of the banana.Purification and properties. *Journal of Food Scienc*e, Chicago, 31 (3), 320-327.

Khan M, Nakkeeran E, Umesh-Kumar S., 2013. Potential application of pectinase in developing functional foods. Annu Rev Food Sci Technol 4:21-34.

Li, T.; Li, S.; Wang, N.; Tain, L., 2007. Immobilization and stabilization of pectinase by multipoint attachment onto an activated agar-gel support, *Food Chemistry*, v. p. 109 703–708.

Pitt, M., 1988. Pectin lyase from *Phoma medicaginis* var. *pinodella*. In: *Methods in Enzymology*. 161, 350-354.

Shen, Q.; Yanga, R.; Hua, X.; Ye, F.; Zhang, W.; Zhao, W. 2011. Gelatin-templated biomimetic calcification for β-galactosidase immobilization. *Process Biochemistry*, v. 46, p. 1565–1571.

Vargas, C. E. B. 2013. *Estudo da Imobilização do Extrato Enzimático Pectinolítico de Aspergillus niger ATTCC 9642 em Matriz Polimérica - Inorgânica*. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da URI-Erechim, Erechim.

Yadav S, Yadav PKY, Yadav D, Yadav KDS., 2008. Purification and characterization of an alkaline pectin lyase from Aspergillus flavus. *Process Biochem* 43:547–552.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CARACTERIZAÇÃO E RENDIMENTO DE BROTOS DE SOJA DA CULTIVAR BRS 216 E GENÓTIPO A

Keli Cristina Cantelli
Caroline Chies Polina
Juliana Steffens
Clarice Steffens
Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS, e-mail: caroline.polina@outlook.com, keli.cantelli@hotmail.com, julisteffens@uricer.com.br, clarices@uricer.com.br

Mercedes Concórdia Carrão Panizzi
Dra. em Ciência de Alimentos, Pesquisadora da Área de Genética e Melhoramento - Embrapa Trigo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Passo Fundo, RS, e-mail: mercedes.panizzi@embrapa.br

Resumo. *A soja é uma cultura de grande importância mundial, com valiosas características nutricionais e versatilidade quanto ao uso. Visando satisfazer o consumidor e melhorar o valor nutritivo, a germinação dos grãos de soja vem se mostrando como uma boa alternativa. Os brotos são leves e de fácil digestão, possíveis de serem produzidos rapidamente. Neste sentido objetivo desse trabalho foi produzir brotos com a cultivar BRS 216 e o Genótipo A. Caracterizar grãos e brotos em relação ao teor de proteína, lipídeos, cinzas, inibidor de tripsina e avaliar o rendimento dos brotos após quatro dias de germinação. Verificou-se que cada 100 g de soja o Genótipo A e a BRS 216 proporcionaram uma colheita de brotos viáveis de 294,36 e 220,08 g, respectivamente. Para cinzas, o valor médio para as duas cultivares foi 4,90 g.100g^{-1} para o grão e 5,51 g.100g^{-1} para o broto. Quanto ao teor de proteínas, a BRS 216 apresentou 41,96 e 47,70 g.100g^{-1} e o Genótipo A 38,72 e 40,29 g.100g^{-1} para grão e broto, respectivamente. O teor de lipídeos pra BRS 216 foi de 19,45 e 24,74 g.100g^{-1} e Genótipo A de 20,66 e 23,38 g.100g^{-1}, para o grão e broto, respectivamente. Para a atividade do inibidor de tripsina no grão da BRS 216 apresentou 21,68 mg IT.g^{-1} e o Genótipo A 27,56 mg IT.g^{-1}, e para o broto os valores obtidos foram 15,68 e 19,62 mg IT.g^{-1}, para BRS 216 e Genótipo A, respectivamente.*

Palavras-chave: *Brotos de soja, germinação, inibidor de tripsina, colheita*

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas de maior importância econômica no mundo, com um patamar de crescimento constante. Os grãos de soja possuem grande versatilidade quanto ao uso. Seus produtos e co-produtos são bastante utilizados pela agroindústria, indústria química, de alimentos e de biocombustíveis (Conab, 2009; Silva et al., 2006). Para atender essa demanda do mercado por cultivares com caracteres qualitativos específicos, se tornou importante o desenvolvimento de cultivares de soja mais adequadas para o consumo humano (Carrão-Panizzi et al., 2012). Através do melhoramento genético, há várias cultivares de soja para comercialização, cada uma com suas características diferenciadas. Essas cultivares apresentam características especiais para o consumo humano, maior valor nutritivo, sabor mais agradável, fator antinutricional reduzido e até mesmo grãos menores para a produção de brotos.

A soja pode ser classificada em dois grupos principais: soja tipo grão e soja tipo alimento. A soja tipo grão apresenta sementes de tamanhos médios, representados pelo peso de 100 sementes (PCS) entre 12 e 19 g, com sabor característico, o qual não muito agradável ao paladar humano, sendo então utilizada principalmente para atender às indústrias de farelo e óleo. Já a soja tipo alimento possui sabor mais suave e agradável ao paladar humano, apresenta duas categorias: sementes grandes, com PCS igual ou maior do que 20 g, muito utilizada como soja hortaliça, e sementes pequenas, com PCS menor do que 10 g, destinadas ao consumo na forma de brotos e de *natto* (Yokomizo et al., 2000).

Visando atender a necessidade de produtos de soja com sabor mais agradável e com alto valor nutritivo a Embrapa Soja, por meio do seu programa de melhoramento genético, desenvolveu algumas cultivares que apresentam características especiais para o consumo humano, dentre elas desenvolveram a cultivar BRS 216, sendo a primeira cultivar desenvolvida no Brasil com características adequadas para o processamento de "natto", alimento fermentado

japonês e de brotos de soja. A cultivar apresenta grãos pequenos (10,4 g em peso médio de 100 sementes) com alto teor de proteína (43,6 %) e o Genótipo A apresenta ausência de lipoxigenases, sendo que as lipoxigenases são responsáveis pelo *off flavors*, sabor característico da soja, que é o maior obstáculo ao consumo (Embrapa, 2005; Barros et al., 2008).

O desenvolvimento de novos produtos, entusiasma o consumidor em relação a alimentos e bebidas cada vez mais palatáveis, numa combinação de sabor, nutrição e conveniência. No Brasil, recentemente estudos com brotos de soja para o consumo humano vem se destacando. Segundo, o feijão moyashi é a espécie mais utilizada para a produção de brotos. Porém a soja tem um grande potencial para participar desse mercado, através da utilização de cultivares especiais, que apresentam sementes pequenas, PCS (peso de cem sementes) menor que 10 gramas e tegumento e hilo amarelos (Perini, 2012).

Podemos denominar alimento germinado ou brotos para qualquer semente que é estimulada pelo contato com a água, com o ar e com o calor, e tem como resultado o crescimento. Para que ocorra a germinação das sementes é necessário controlar alguns requisitos como: temperatura ambiente desejável, fornecimento adequado de água, luminosidade, e no grão, a dormência, inibidores e promotores de germinação (Loures, 2009; Sangronis e Machado, 2007).

Os brotos são alimentos totalmente naturais e altamente nutritivos. Apresentam várias vantagens na sua produção: não utiliza nenhum tipo de adubo ou defensivo. Apenas as reservas armazenadas nas sementes para germinar e alcançar o tamanho para serem consumidos, não necessita de solo, ocupa pouco espaço, requer mão de obra simplificada, entre outros (Vieira e Lopes, 2001).

Levando em consideração que a população busca alimentos mais saudáveis, com mais nutrientes e de fácil preparo, podemos dizer que os brotos são uma boa alternativa. Porém no Brasil sua produção é ainda muito restrita ou quase inexistente. Para viabilizar a produção e torná-la atrativa, faz-se necessário o uso de tecnologias que garantam a produção dos brotos em larga escala, cultivares de soja apropriadas para sua produção e técnicas de processamento que garantam a segurança e qualidade alimentar do produto (Oliveira et al., 2013).

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo produzir brotos com a cultivar BRS 216 e o Genótipo A. Caracterizar grãos e brotos em relação ao teor de proteína, lipídeos, cinzas e inibidor de tripsina e avaliar o rendimento dos brotos após quatro dias de germinação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Produção dos Brotos

Os grãos de soja da cultivar BRS 216 e do Genótipo foram selecionados visualmente retirando-se sementes com fungos, paus, pedras, sementes murchas, sementes trincadas, em fim, tudo o que pudesse atrapalhar a germinação. Pesou-se 100 g de sementes para cada bandeja. Inicialmente, as sementes foram sanitizadas utilizando-se uma solução de hipoclorito de sódio a 10%, por 4 minutos, sendo depois transferidas para uma peneira e enxaguadas com água corrente. Posteriormente, as mesmas foram colocadas em embebição em água clorada por 4 horas (Oliveira et al., 2013).

Em seguida, os grãos de soja foram colocados em recipiente plástico com furos no fundo e tampado para ausência da luz. Os furos no fundo do recipiente tem a função de drenagem da água após a irrigação das sementes para garantir as condições necessárias ao processo de germinação. Em cada recipiente foram colocados 50 g de sementes embebidas. Todo o processo de germinação ocorreu em câmara de germinação com temperatura em torno de 25 °C e 99% de umidade, a frequência de irrigação foi a cada 12 horas e a temperatura da água de irrigação foi mantida a 25 °C. O tempo de germinação foi de 4 dias. A colheita dos brotos realizou-se manualmente.

Os brotos foram colhidos com 4 dias de germinação, levando em consideração o tamanho que atingiram, aproximadamente 7 cm, sendo que um broto com 7 cm tem boa aparência para o consumo e pode ser consumido inteiro. Este tamanho e tempo de germinação foi estabelecido através de testes preliminares realizados na cultivar BRS 216, por já ser uma cultivar estudada em outros trabalhos. Oliveira et al. (2013) observaram que com 5 dias de germinação os brotos atingiram uma média de comprimento de 8,06 cm.

Após a colheita os brotos foram pesados. Para as demais análises (proteína, lipídeos, cinzas e inibidor de tripsina Kunitz) os brotos foram liofilizados.

2.2 Peso dos brotos

O peso dos brotos viáveis de cada bandeja foi determinado em balança semi-analítica e os dados expressos em gramas.

2.3 Composição físico-química

A composição-química das sementes e dos brotos de soja foi determinada por meio de análises de proteínas, lipídeos e cinzas, utilizando os métodos descritos pela AOAC (2007). A umidade foi determinada pelo método gravimétrico em estufa (Fanem®, modelo 320-SE), a 105°C por 4 horas, onde os valores de umidade dos grãos e dos brotos foram padronizados em 9,75% (extrato seco de 90,25) e 5,89% (extrato seco de 94,11), respectivamente, para obter os valores de proteínas, lipídeos e cinzas em base seca. Para a determinação do teor de proteínas utilizou-se o método de Kjeldahl, para a quantificação de nitrogênio total o conteúdo de proteína foi calculado por multiplicação pelo fator 6,25. As cinzas foram determinadas por calcinação das amostras em mufla (Lavoisier®, modelo 400C) a 550º C por 6 horas. Os lipídeos foram determinados por extração em Soxhlet (Nova Ética®, modelo NT340), utilizando éter de petróleo (Química Moderna® 30-60º C) com extrator. Os resultados foram expressos em $g.100g^{-1}$, em base seca.

2.4 Quantificação da atividade do inibidor de tripsina Kunitz

Realizou-se a análise para os grãos e brotos. Primeiramente desengordurou-se a amostra moída com n-hexano (Química Moderna® - Pureza 98,5%) sob agitação em agitador magnético (Velp Scientifica®) por 16 horas. Para quantificação da atividade de inibidores de tripsina seguiu-se a metodologia desenvolvida por Kakade et al. (1974).

Os resultados foram expressos como mg de inibidor de tripsina (IT) por g de amostra desengordurada, através da Equação 1.

$$\text{mg IT/g} = \frac{\text{Abs padrão} - \text{Abs amostra}}{38 \times \text{peso da amostra}} \times 2500 \quad (1)$$

2.5 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a nível de 95% de confiança, utilizando o *software Statistica* 8.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Peso

Para cada 100 g de soja o Genótipo A e a BRS 216 proporcionaram uma colheita de brotos viáveis de 294,36 e 220,08 g, respectivamente. Portanto com um quilograma de sementes de soja da cultivar BRS 216, Genótipo A a produção de broto seria 2,20 e 2,94 kg, respectivamente. Para Oliveira et al. (2013) que produziu brotos de soja com a cultivar BRS 216 os valores encontrados foram: 1,43 kg de brotos germinados durante cinco dias, 1,72 kg durante seis dias e 2,57 kg durante sete dias. Quando comparado com Vieira e Lopes (2001), esses valores são bem inferiores, esses afirmaram que para sementes de feijão moyashi, um quilograma rende cerca de seis quilogramas de brotos.

3.2 Análises físico-química e inibidor de tripsina Kunitz

Os resultados de proteína, cinzas, lipídeos e quantificação do inibidor de trispina Kunitz podem ser encontrados na Tabela 1. A cultivar convencional (BRS 216) foi a que apresentou maior teor proteíco no grão (41,96 $g.100g^{-1}$) e broto (47,70$g.100g^{-1}$).

Tabela - 1 Teores de proteína, cinzas, lipídeos e inibidor de tripsina Kunitz dos grãos e brotos das cultivares BRS 216, Genótipo A.

Análises		**Cultivares**	
		BRS 216	**Genótipo A**
Proteína ($g.100g^{-1}$)	Grão	$41,96(\pm0,25)^{aB}$	$38,72(\pm0,05)^{bB}$
	Broto	$47,70(\pm0,05)^{aA}$	$40,29(\pm0,50)^{bA}$
Cinzas ($g.100g^{-1}$)	Grão	$4,91(\pm0,30)^{aA}$	$4,89(\pm0,16)^{aB}$
	Broto	$5,35(\pm0,04)^{bA}$	$5,67\ (\pm0,19)^{aA}$
Lipídeos ($g.100g^{-1}$)	Grão	$19,45(\pm0,32)^{bB}$	$20,66(\pm0,27)^{aB}$
	Broto	$24,75(\pm0,12)^{aA}$	$23,38(\pm0,14)^{bA}$
Inibidor de Tripsina (mg $IT.g^{-1}$)	Grão	$21,68(\pm0,52)^{bA}$	$27,56(\pm0,28)^{aA}$
	Broto	$15,68(\pm0,35)^{bB}$	$19,62(\pm0,16)^{aB}$

Média (três repetições) ± Desvio Padrão seguidas de letras iguais minúsculas/maiúsculas na linha/coluna (análises) indicam não haver diferença significativa a nível de 5% (teste de Tukey).

Oliveira et al. (2013) encontraram valores similares para brotos da cultivar BRS 216 (47,90 $g.100g^{-1)}$, 5 dias de germinação, irrigação a cada 12 horas. Já para o Genótipo A os valores encontrados foram 38,72 e 40,29 $g.100g^{-1}$, para o grão e broto, respectivamente. Esse aumento nos valores de proteína após a germinação já eram esperados, pois durante a germinação ocorre a síntese enzimática protéica ou a mudança na composição que segue a degradação de outros constituintes (Barcelos et al., 2002; Bau et al., 1997).

O maior teor de lipídeos para o grão foi observado no Genótipo A, 20,66 $g.100g^{-1}$, para a BRS 216 o valor foi 19,45$g.100\ g^{-1}$. Segundo Carrão-Panizzi; Mandarino (1998), é comum essa diferença nos conteúdos lipídicos entre as cultivares, sendo que os teores de lipídios nos grãos de germoplasma de soja podem variar entre 13 a 25%. Com a germinação ocorreu o aumento nos lipídeos, sendo que os valores encontrados foram 23,38 e 24,75 $g.100g^{-1}$ nos brotos do Genótipo A e BRS 216, respectivamente. Porém resultados diferentes foram observados na literatura. Vilas Boas et al. (2002) relataram uma redução de 18 $g.100\ g^{-1}$ para 10 $g.100\ g^{-1}$ de massa seca nos teores de lipídios dos brotos de soja, com o aumento no tempo de crescimento de três para seis dias. Para Oliveira et al. (2013) quanto maior o número de dias de crescimento e menor a frequência de irrigação, ocorre a tendência de diminuição nos teores de lipídios dos brotos. Em seu trabalho verificou que com cinco dias de crescimento, os teores de lipídios nos brotos foram mais elevados e se reduziram com o tempo, para ele os valores encontrados foram 15,11; 12,57 e 11,09 $g.100^{-1}$ com 5,6 e 7 dias de germinação, respectivamente. Sendo assim uma justificativa para tal fato é o tempo de germinação de 4 dias, já que na literatura essa redução ocorreu após o quinto dia.

As cultivares de soja analisadas não apresentaram diferenças estatisticamente em relação ao teor de cinzas nos grãos. O conteúdo médio de cinzas foi de 4,90 $g.100g^{-1}$ para os grãos. Resultados similares foram obtidos por Martinez et al. (2011), que obtiveram valores para cinzas de 5,11 $g.100g^{-1}$ para grãos de soja antes da germinação. Para a BRS 216 não houve diferença estatisticamente nos valores de cinzas após a germinação, o valor encontrado foi 5,35 $g.100\ g^{-1}$, já para o Genótipo A ocorreu aumento, assim o valor encontrado para o broto foi 5,67 $g.100g^{-1}$.

Para a atividade do inibidor de tripsina houve diferença estatisticamente ($p<0,05$) para as cultivares de soja analisadas antes e após a germinação. A maior atividade do inibidor de tripsina foi para o Genótipo A, 27,56 mg $IT.g^{-1}$ e 19,62 mg $IT.g^{-1}$, para grão e broto, respectivamente. Para a BRS 216 os valores encontrados foram 19,62 mg $IT.g^{-1}$ para o grão e 15,68 mg $IT.g^{-1}$ para o broto. Sendo assim a germinação pode ser considerada uma boa alternativa para a redução do inibidor de tripsina, que é um dos fatores antinutricionais encontrados no grão de soja, o qual interfere na absorção e aproveitamento de nutrientes, reduzindo o valor nutricional dessa leguminosa (Brune et al., 2010).

4. CONCLUSÕES

O Genótipo A apresentou maior rendimento, para cada 100 g de grão colheu-se 294,36 g de broto, já para a BRS 216 colheu-se 220,08 g, ambos apresentaram bom desenvolvimento durante a germinação. A germinação é promissora pois melhora os aspectos nutricionais, reduzindo os fatores antinutricionais e aumentando o teor protéico.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPQ, FAPERGS, FINEP, EMBRAPA e a URI pelo apoio financeiro ao presente trabalho.

6. REFERÊNCIAS

A.O.A.C (Association Of Official Analytical Chemists), 2007. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists 18. ed. Washington: AOAC, 3000p.

Barcelos, M.F.P., Vilas Boas, E.V. B., Lima, M.A.C,2002. Aspectos nutricionais de brotos de soja e de milho combinados. Ciência e Agrotecnologia, v. 26, n. 4, p. 817-825.

Barros, J.G.A., Moraes, R.M.A., Piovesan, N.D., Barros, E.G., Moreira, M.A., 2008. Efeito do inibidor de protease Kunitz sobre níveis de lipoxigenases em sementes de soja. Ciênc. agrotec. v.32, p. 1126-1132.

Bau, H.M., Villaume, C., Nicolas, J.P, Mejean, L, 1997. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (Glycine max) seeds. Journal Science Food Agriculture, v. 73, p. 1-9.

Brune, M.F.S.S., Pinto, M.O., Peluzio, M.C.G., Moreira, M.A., Barros, E.G., 2010. Avaliação bioquímico-nutricional de uma linhagem de soja livre do inibidor de tripsina Kunitz e de lectinas. Ciênc. e Tecnol. Aliment, v. 30, p. 657-663.

Carrão-Panizzi, M.C., Bertagnolli, P.F., Strieder, M.L., Costamilan, L.M., Moreira, J.U.V., 2012. Melhoramento de Soja para Alimentação Humana na Embrapa Trigo – Safra Agrícola 2011/2012. Passo Fundo/RS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Trigo, p. 27 – 31.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, 2009. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sétimo levantamento**.** Conab, Brasília, p.39.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2005. Cultivares de soja 2004/2005: Região Centro-Sul. Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional, n. 249.

Kakade, M.L., Rackis, J.J., Mcghee, J.E., Puski, G,1974. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of na improved procedure. Cereal Chemistry, v. 51, p. 376-383.

Loures, N.T.P., Nóbrega, L.H.P., Coelho, S.R.M, 2009. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de brotos de lentilha da variedade Precoz. Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 31, n. 4, p. 599-606.

Martinez, A. P.C., Martinez, P.C.C., Souza, M.C., Brazaca, S.G.C., 2011. Alterações químicas em grãos de soja durante a germinação. Ciênc. e Tecnol. Aliment, v.31, p.23-30.

Oliveira, M.A., Carrão-Panizzi, M.C., Mandarino, J.M.G., Leite, R.S., 2013. Produção de brotos de soja utilizando a cultivar BRS 216: Caracterização físico-química e teste de aceitabilidade. Braz. J. Food Technol, v. 16, p. 34-41.

Perini, L. J., 2012. Caracterização agronômica e seleção de linhagens de soja destinadas ao consumo humano. Dissertação (Programa de pós-graduação em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

Sangronis, E., Machado, C.J., 2007. Influence of germination on the nutritional quality of Phaseolus vulgaris and Cajanus cajan. Food Scienc. Tecnol., v. 40, p. 116-120.

Silva, M. S., Naves, M. M.V., Oliveira, R.B., Leite, O.S.M., 2006. Composição química e valor proteico de resíduo de soja em relação ao grão de soja. Ciênc. e Tecnol. Aliment.,v.26, , p.571-576.

Vieira, R. F., Lopes, J.D.S., 2001. *Produção de Brotos Comestíveis: Feijão Moyashi, Alfafa, Trevo, Rabanete e Brócolis.* Viçosa: CPT, 108p.

Vilas Boas, E.V.B., Barcelos, M.F.P., Lima, M.A.C., 2002. Tempo de germinação e característica físicas, químicas e sensoriais dos brotos de soja e de milho combinado nas formas isoladas e combinadas. Ciênc. Tecnol. Aliment., v. 26, p. 148-156.

Yokomizo, G.K., Duarte, J.B., Vello, N.A., 2000. Correlações fenotípicas entre tamanho de grãos e outros caracteres em topo cruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. Pesq. agropec. Bras., v. 35, p. 2235-2241.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DETERMINAÇÃO DO PONTO FRIO DE TANQUE DE COZIMENTO DE PRESUNTO COM SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DA ÁGUA POR CONVECÇÃO NATURAL E FORÇADA

Roberto Verlindo
Aurora Alimentos, R. João Martins, 219-D, B. São Cristóvão, Chapecó-SC, 89803-901.
roberto-verlindo@auroraalimentos.com.br

Rosa Cristina Prestes Dornelles
Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Cidade Universitária, B. Camobi, Santa Maria-RS, 99105-900.
rosacrisprestesdornelles@outlook.com

Caroline Chies Polina
Ilizandra Aparecida Fernandes
Bruna Maria Saorin Puton
Alexander Junges
Geciane Toniazzo Backes
Rogério Luis Cansian
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. sete de setembro, 1621, Erechim-RS, 99709-910.
caroline.polina@outlook.com
ilizandrafernandes@yahoo.com.br
brunnaputon@hotmail.com
junges@uricer.edu.br
gtoniazzo@uricer.edu.br
cansian@uricer.edu.br

Resumo. *Os estudos já publicados sobre validação do processo térmico de presunto tem pouca aplicabilidade no dia-a-dia das indústrias alimentícias, visto que, são na maioria casos são com dados teóricos que não condizem com a realidade das indústrias. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi determinar o ponto frio nos processos de cozimento com circulação de água por convecção forçada e natural usando análise estatística. Foi realizado determinação do ponto frio dos tanques com convecção natural e forçada, através de coleta de dados de 2 em 2 minutos. Os dados de temperatura de água (tanque) foram submetidas a análise de variância univariada GLM (General Linear Models) e as médias foram ajustadas pelos quadrados mínimos ordinários utilizando o comando LSmeans e comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância. O efeito Altura x Profundidade para o tanque 2, apresenta a maior influência e não apresentam influência significativa o efeito Lado, as interações duplas Tanque x Lado e Lado x Altura e as interações triplas Tanque x Lado x Altura e Tanque x Lado x Profundidade . Em ambos os sistemas natural e forçado, o ponto frio dos tanques está localizado no lado esquerdo, altura inferior e profundidade frente.*

Palavras-chave: *Cozimento, Presunto, Ponto frio, Processo térmico.*

1. INTRODUÇÃO

Um dos produtos derivados de origem animal de maior consumo mundial é o presunto, cujo consumo cresce gradativamente. Para ser competitivo e comercialmente viável, o presunto cozido precisa de alta tecnologia tanto de produção quanto de ingredientes e aditivos, além de excelente otimização do seu processo, motivo pela qual grande parte das agroindústrias, principalmente as de menor porte, não o produz. O presunto cozido é um produto que requer alguns cuidados especiais, durante o seu processamento, devido à possibilidade sempre presente da ocorrência de defeitos, como: bolhas de ar, liberação ou formação de líquido na interface da massa e embalagem primária, coloração pálida, excesso de tecido conectivo e gorduroso e possibilidade de contaminações microbiológicas, químicas e físicas (Terra et al., 2006).

Uma das principais etapas do processo de elaboração do presunto cozido é a etapa de cozimento, que é definido pelo binômio tempo de processamento e temperatura de aquecimento, cuja intensidade não só atua sobre a destruição de

micro-organismos e enzimas, mas também modifica as propriedades sensoriais e nutricionais do produto cozido, além de alterar a estabilidade de alguns aditivos fundamentais para a retenção de água, como a carragena. O controle do processo nesta etapa de produção é de fundamental importância para evitar defeitos no produto final (Gonçalves, 2006).

A legislação brasileira (RIISPOA, 1952) menciona que os "embutidos preparados em óleo devem ser cozidos em temperatura não inferior a 72°C no mínimo por 30 minutos". Mais recentemente a Portaria 711 (Mapa, 1995) menciona que as empresas devem controlar a temperatura mínima interna que deve atingir 71°C e devem controlar o tempo total de cozimento. Para o resfriamento esta mesma legislação preconiza que presuntos e apresuntados deverão ser resfriados a uma temperatura de 0°C até uma temperatura não superior a 5°C.

Segundo Reichert (1988) o ponto frio da peça é o centro geométrico e é neste ponto que deve ser coletado a temperatura do produto. Mas não basta apenas a determinação do ponto frio da peça, visto que, um sistema de cozimento também possui regiões com diferenças de temperatura e para isso torna-se necessário a determinação do ponto frio/região fria do equipamento que é responsável pelo aquecimento dos produtos (estufa, forno, tanque, etc.). Ao coletar dados de temperatura nas regiões frias do sistema de aquecimento e no centro geométrico do produto, as demais partes do tanque e os demais produtos terão seus dados de temperatura superior aos coletados, garantindo que o sistema de coleta de temperatura é válido.

A validação é definida como sendo a obtenção de provas que demonstrem que uma medida de controle ou combinação de medidas de controle que aplicados devidamente são capazes de controlar o perigo com um resultado especificado (Item III, CAC/GL 69-2008, Codex Alimentarius, 2008).

A validação do cozimento é uma das principais ferramentas de garantia da qualidade dos produtos cárneos. Basicamente a validação foi realizada em termos de validação física (medida de temperatura) e validação microbiológica (análise dos produtos). Com base na validação são estabelecidos critérios documentados para assegurar a execução de procedimentos de maneira reprodutível (PDA, 2000). Não há uma norma brasileira para os processos de validação a nível industrial, exceto a norma que menciona a "Validação do processo de esterilização por vapor" para produtos parenterais esterilizados termicamente (Brasil, 1997) ficando a critério de cada indústria estabelecer seus procedimentos de validação.

Existem poucos trabalhos na literatura abordando este tema e não foi encontrado nenhum trabalho de validação do processo de cozimento de presunto, o que dificulta a utilização e alteração de processos de cozimento perante o sistema de fiscalização brasileiro. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi determinar o ponto frio nos processos de cozimento com circulação de água por convecção forçada e natural usando análise multivariada.

2. MATERIAL E METODOS

Para monitoramento da temperatura da água nos tanques de cozimento de convecção natural e forçada foi utilizado o Data Logger T176T4 – sensor com 4 canais/sondas da empresa Testo do Brasil (Campinas, SP, Brasil). Os dados técnicos são: variação 0,3°C, faixa de trabalho de -100°C a 1000°C, resolução 0,1°C e coleta de dados minuto a minuto ou de 2 em 2 minutos, aprovado pela Diretiva CE 2004/108/CE.

Para monitoramento da temperatura interna do produto, foi utilizado um Data Logger interno no centro geométrico da peça. O sensor utilizado foi da marca MADGE TECH HITEMP 140 (Warner, USA) cujos dados técnicos são: faixa de trabalho de -20 a 140°C, resolução 0,01°C, variação de ±0,1°C e coleta de dados minuto a minuto ou de 2 em 2 minutos. Aprovado pela Diretiva CE 2004/108/CE. Para garantir o correto posicionamento do sensor e evitar deslocamentos foi desenvolvido um suporte em aço inox para colocação no centro geométrico da peça.

O posicionamento dos sensores, para coleta de dados de temperatura da água do sistema de convecção forçada (02 gaiolas) foram em 4 posições, 3 alturas e Lados Esquerdo Direito, conforme Figura 10.

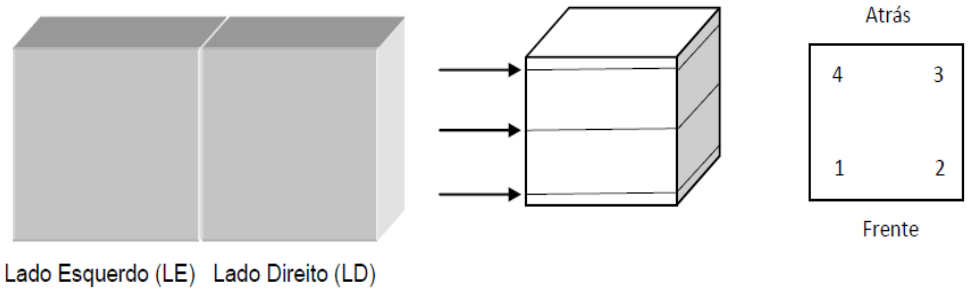


Figura 10: Posicionamento dos sensores para coleta dos dados de temperatura de água.

Para identificação do ponto frio dos tanques de cozimento de presunto por convecção natural e forçada, utilizou-se o modelo estatístico apresentado na Eq. 1:

$$Yijklmn = \mu + \alpha i + \beta j + \gamma k + \delta l + \tau m + (\alpha\beta)ij + (\alpha\gamma)ik + (\alpha\delta)il + (\beta\gamma)jk + (\beta\delta)jl + (\gamma\delta)kl + (\alpha\beta\gamma)ijk + (\beta\gamma\delta)jkl + (\alpha\beta\gamma\delta)ijkl + \varepsilon ijklmn \quad (1)$$

Em que:

yijklmn = valor observado para o i-ésimo tanque, j-ésimo lado, k-ésimo altura, l-ésimo profundidade, m-ésimo tempo; αi efeito fixo do i-ésimo tanque; βj efeito fixo do j-ésimo lado; γk efeito fixo do k-ésimo altura; δl efeito fixo do l-ésimo profundidade; τm efeito fixo do m-ésimo tempo de cocção; (αβ)ij interação dupla do ij-ésimo tanque e lado; (αγ)ik interação dupla ik-ésimo tanque e altura; (αδ)il interação dupla do il-ésimo tanque e profundidade; (βγ)jk interação dupla do jk-ésimo lado e altura; (βδ)jl interação dupla do jl-ésimo lado e profundidade; (γδ)kl interação dupla do kl-ésimo altura e profundidade; (αβγ)ijk interação tripla ijk-ésimo tanque, lado e altura; (βγδ)jkl interação tripa jkl-ésimo lado, altura e profundidade; (αβγδ)ijkl interação quadrupla ijkl-ésimo tanque, lado, altura e profundidade; ε ijklmn é o erro aleatório associado a observação Yijklmn suposto εijk~N(0,δ2).

Os dados de temperatura de água (tanque), foram submetidas a análise de variância univariada GLM (General linear models). Posteriormente, as médias foram ajustadas pelos quadrados mínimos ordinários utilizando comando LSmeans e comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas no aplicativo SAS® System for Windows™ versão 9.4 (SAS Institute Inc., Cary - NC, USA), ao nível de 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizado o estudo do processo de cozimento dos presuntos utilizando dois sistemas de convecção: natural e forçada. Foi realizado coleta de dados de temperatura de água em cada sistema de aquecimento, para determinar o ponto frio (região fria) do tanque de aquecimento.

O embasamento para o levantamento do ponto frio ou região fria dos tanques foi com base estudos da literatura principalmente do estudo feito por Santos Filho e Penna (2003). Neste estudo foi realizada a validação de esterilização de um produto proteico enlatado e foi considerado apenas o cozimento, sugerindo-se o levantamento das temperaturas com posicionamento de sensores na câmara conforme a Figura 1.

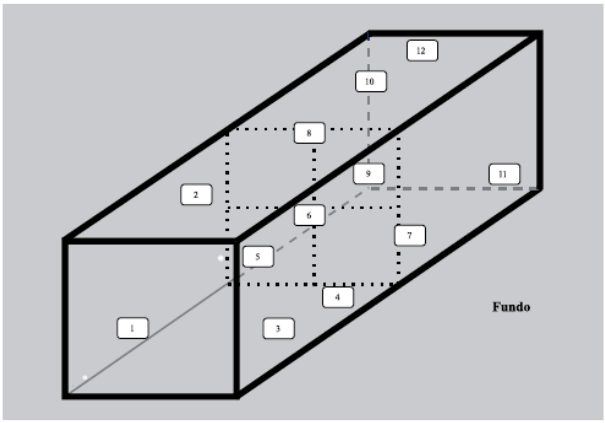


Figura 1: Posicionamento dos sensores na câmara para validação do cozimento segundo Santos Filho e Penna (2003).

No estudo mencionado acima foram coletadas leituras de temperatura em 12 pontos com 3 ciclos de repetição e os resultados mostraram reprodutibilidade adequada.

No presente trabalho, devido a sensibilidade dos sensores e a operacionalização a nível de tanque com água, optou-se por realizar a seguinte divisão:

- 3 posições de Altura, sendo: inferior, meio e superior;
- 4 sensores fixados nos quatro cantos da gaiola, sendo: canal 1 e 2 classificados como "frente" e os sensores 3 e 4 classificados como sendo "atrás", analisados como Profundidade;
- 2 gaiolas, sendo: Lado Esquerdo e Lado Direito;
- 2 sistemas de aquecimento, sendo: convecção natural e convecção forçada, analisados como Tanque.

Os dados foram coletados de 2 em 2 minutos sendo posteriormente analisadas estatisticamente.

Na Tabela 3 são apresentados os dados de ANOVA para as temperaturas de água, com variáveis, Tanque (convecção natural e convecção forçada), Lado (esquerdo e direito), Altura (superior, meio e inferior) e Profundidade (frente e atrás).

Pode-se verificar na Tabela 1 que o efeito Altura x Profundidade para o tanque 2, apresenta a maior influência, conforme verificado através do valor de valor F e soma dos quadrados. Isso pode ser explicado devido a configuração do tanque, no qual transferência de calor através da convecção forçada, com entrada de vapor direto em serpentina posicionada no fundo do tanque de água. Esta serpentina é posicionada com os orifícios de saída de vapor direcionados

para a parte de trás do tanque (Profundidade - atrás e Altura - inferior), forçando a água aquecida pelo vapor direto circular pela gaiola com produto e finalizando o giro de troca de calor na parte da frente do tanque (Profundidade - frente e Altura - inferior).

Tabela 1: Dados da ANOVA para as temperaturas de água de diferentes posições dos sensores nos tanques de cozimento de presunto.

Efeitos	**Tipo de Tanque**	**Soma de Quadrados (tipo 3)**	**Quadrado médio**	**Valor de F**	**Valor de P**
Tanque	1	5,1034	5,1034	4,96	0,0259
Lado	1	0,1554	0,1554	0,15	0,6974
Tanque X Lado	1	1,3229	1,3229	1,29	0,2567
Altura	2	38,1322	19,0661	18,55	<,0001
Tanque X Altura	2	80,8891	40,4446	39,34	<,0001
Lado X Altura	2	0,3159	0,1579	0,15	0,8576
Tanque X Lado X Altura	2	1,3337	0,6669	0,65	0,5228
Profundidade	1	45,7613	45,7613	44,51	<,0001
Tanque X Profundidade	1	13,9571	13,9571	13,58	0,0002
Lado X Profundidade	1	21,4790	21,4790	20,89	<,0001
Tanque X Lado X Profundidade	1	0,1821	0,1821	0,18	0,6738
Altura X Profundidade	2	105,6240	52,8120	51,37	<,0001
Tanque X Altura X Profundidade	2	83,3107	41,6553	40,52	<,0001
Lado X Altura X Profundidade	2	28,3035	14,1518	13,77	<,0001
Tanque X Lado X Altura X Profundidade	2	30.6632	15.3316	14.91	<.0001

* 1 = Tanque de convecção natural; 2 = Tanque de convecção forçada.

Não apresentam influência significativa o efeito Lado, as interações duplas Tanque x Lado e Lado x Altura e as interações triplas Tanque x Lado x Altura e Tanque x Lado x Profundidade. Esta não influência do Lado e suas interações é esperada, uma vez que a circulação de vapor é proporcionalmente distribuída entre os lados, seja nos tanques com convecção natural e/ou forçada, onde as serpentinas instaladas no fundo do tanque, tem como premissa de seu projeto de construção a ocupação da mesma área do lado Esquerdo quanto do lado Direito. Fazendo com a transferência de calor tenha o mínimo de diferença de temperatura entre os lados.

Na Figura 2, são apresentados os dados de temperatura do tanque com convecção natural, no qual verifica-se que o ponto frio do tanque está localizado no Lado - esquerdo, Altura - inferior e Profundidade – Frente, sem diferença estatística ($p < 0,05$) para Lado - direito, Altura - inferior e Profundidade - frente, confirmando a não influência do Lado na determinação do ponto frio do tanque. Os dados de temperatura de água coletados, apresentam variação de 72,38°C a 73,01°C entre o ponto mais frio para o mais quente, respectivamente.

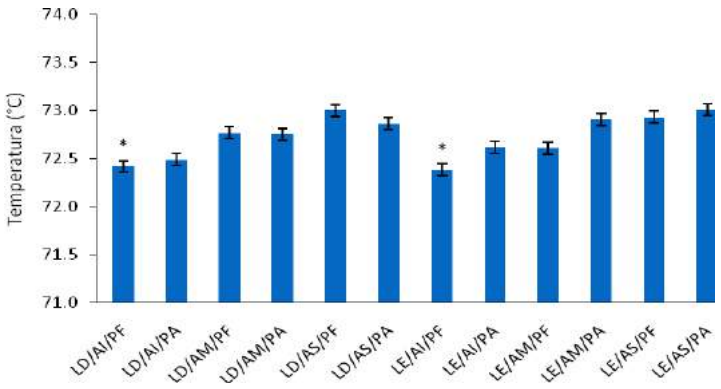


Figura 2: Temperatura média de água do tanque de cozimento de presunto por convecção natural.
* Diferença significativa pelo teste de Tukey com 95% de confiança.
LD: lado direito; LE: lado esquerdo; AI: altura inferior; AM: altura média; AS: altura superior; PF: profundidade frente; PA: profundidade atrás.

Em relação aos dados de temperatura do tanque com convecção forçada (Figura 3), é possível verificar que o ponto frio do tanque está localizado na região Lado - esquerdo, Altura - inferior e Profundidade – Frente com diferença significativa ($p < 0,05$), em relação aos demais pontos do tanque avaliados.

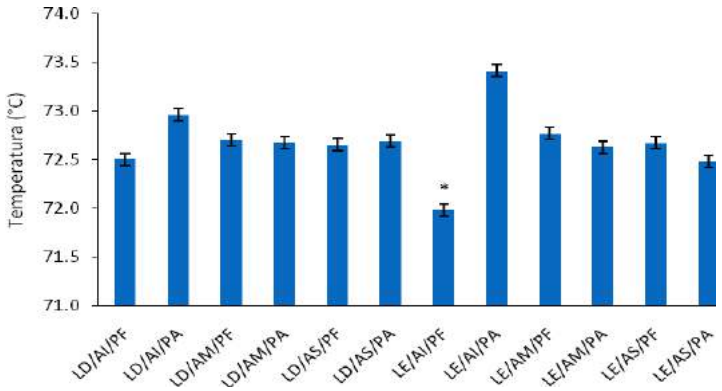


Figura 3: Temperatura média de água do tanque de cozimento de presunto por convecção forçada.
* Diferença significativa pelo teste de Tukey com 95% de confiança.
LD: lado direito; LE: lado esquerdo; AI: altura inferior; AM: altura média; AS: altura superior; PF: profundidade frente; PA: profundidade atrás.

Os dados de temperatura de água coletados, apresentam variação de 71,98°C a 73,41°C entre o ponto mais frio para o mais quente, respectivamente. A posição correta da sonda para coleta de dados de temperatura é vital para medições precisas (Acosta et al., 2015). Além disso, mesmo pequenas variações na sua localização pode afetar significativamente a magnitude de valores de letalidade acumuladas. Este fator por si só poderia ter um impacto maior do que a variação de outras condições do processo.

Na Figura 4, pode-se verificar a ilustração do ponto frio do tanque com sistema de convecção forçada, onde a injeção de vapor direto faz com que ocorra agitação/turbulência da água e a circulação da água ocorre da altura inferior e profundidade atrás passando para a altura superior profundidade atrás e frente, até finalizar seu ciclo na altura inferior profundidade frente.

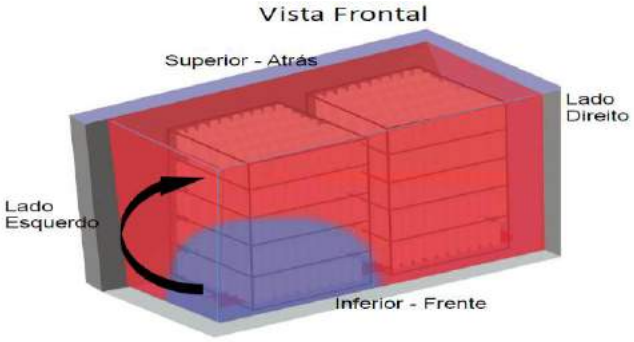


Figura 4: Ilustração do ponto frio do tanque com o sistema de circulação de água/vapor no sistema de convecção forçada em vista frontal.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERGS, Aurora Alimentos e URI pelo apoio financeiro.

5. REFERÊNCIAS

Acosta, O.G.; Vermeylen, F.M.; Noel, C.; Padilla-Zakour, O.I., 2015. Modeling the effects of process conditions on the accumulated lethality values of thermally processed pickled carrots. *Food Control*, v. 51, p. 390-396.

Brasil, 1997. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária–ANVISA- Portaria n. 500 de 13 de outubro de 1997 Anexo I - Validação do Processo de Esterilização por Vapor. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>.

Codex Alimentarius, 2008. Directrices para la validación de medidas de control de la inocuidad de los alimentos, CAC/GL 69-2008, p.1-16, disponível em: http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of standards.

Mapa, 1995. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria n°. 711, 01.11.1995.

PDA (Parenteral Drug Association), 2000. Technical Report N. 33: Evaluation, Validation and Implementation of New Microbiological Testing Methods. *Journal of Pharmaceutical Science and Technology*., v. 54, n. 3 suppl.TR33, p. 15-42.

Reichert, J.E., 1988. Tratamiento térmico de los productos cárnicos: fundamentos de los cálculos y aplicaciones. Zaragoza: Acribia, 174p.

RIISPOA, 1952. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Decreto nº 30.691 de 29/03/1952.

Santos Filho, G.C.; Penna, T.C.V., 2003. Validação do processamento térmico de um produto vegetal enlatado. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v.39, n.4, p.391-401.

Terra, N. N.; Olivo, R.; Shimokomaki, M.; Bernadete, D. G. M. F., 2006. Atualidades em ciência e tecnologia de carnes. São Paulo: Varela, 236p.

6. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE CÁLCIO NA FORMAÇÃO DE PELÍCULA RÍGIDA NA PAREDE CELULAR EM AMOSTRAS DE ABÓBORA

Daniele Bergmeier
Danusa Munari Ferenz
Luiza Pieta
Valeria Borszcz
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Rua Domingos Zanella, 104, Erechim/RS, Brasil
e-mails: danibergmeier@gmail.com, danusaferenz@hotmail.com, luiza.pieta@erechim.ifrs.edu.br, valeria.b@erechim.ifrs.edu.br

Resumo: *A presença do cálcio produz efeitos positivos na preservação da integridade e funcionalidade da parede celular do vegetal, mantendo firme a consistência do fruto. A utilização de cal virgem no processo de fabricação de abóbora em calda é uma prática muito antiga e de comum uso pela agricultura familiar, que comercializa esse tipo de produto. Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência de duas diferentes fontes de cálcio (hidróxido de cálcio e cloreto de cálcio) na formação de uma película na parede de amostras de abóbora previamente selecionadas, higienizadas, descascadas e cortadas em cubos (2,5 cm de aresta). Foi realizado também um planejamento experimental completo 2² variando o tempo de contato da solução com o fruto (35,4-204,6 min) e concentração de hidróxido de cálcio (0,29-1,71 %, m/v). Dos resultados obtidos observou-se que a utilização de hidróxido de cálcio contribuiu para a formação de uma parede mais espessa em tempos de contato superiores a 120 min e concentração de 1,5 % (m/v). Desta forma, considera-se que o aumento da espessura pode contribuir na conservação do vegetal, agindo como barreira antimicrobiana, prolongando assim, a vida de prateleira do produto.*

Palavras-chave: *fontes de cálcio, otimização de processo, abóbora, agente de firmeza.*

1. INTRODUÇÃO

A família botânica de hortaliças *Cucurbitaceae* apresenta vários representantes, sendo os principais o melão, a melancia, a abóbora e o pepino. A abóbora (*Cucurbita moschata Duch.*) é uma cultura tipicamente tropical com frutos ricos em cálcio, fósforo e vitaminas A e do complexo B. Cinco espécies de *Cucurbita* foram domesticadas há milhares de anos e compreendem as hortaliças conhecidas como abóboras, morangas, mogangos e abóboras ornamentais. A cor laranja da polpa indica alta concentração de α e β-caroteno, sendo os carotenóides agentes antioxidantes e precursores da vitamina A (Viera, 2010; Rodriguez-Amaya *et al.*, 2008; Luengo *et al.*, 2000).

As abóboras podem ser consumidas sob a forma de doces ou pratos salgados. O doce de abóbora pode ser apresentado na forma de calda, pastoso ou cristalizado. Em geral podem ser acrescidos durante o preparo do doce alguns compostos derivados de cálcio que proporcionam um resultado de crocância à casca da abóbora, porém a polpa permanece com uma textura macia (Lima 2012, Marcelino e Marcelino, 2012).

Para obtenção de resultados de crocância usa-se como aditivo os agentes de firmeza, substâncias que tornam ou mantém os tecidos de frutas ou hortaliças firmes ou ainda que interagem com agentes geleificantes para produzir ou fortalecer um gel (Brasil, 1997). Cloreto de cálcio, gluconato de cálcio, citrato de cálcio e hidróxido de cálcio são exemplos de agentes de firmeza que foram aprovados pela legislação brasileira, podendo ser utilizados em produtos derivados de frutas e vegetais (Brasil, 2013).

O cálcio desempenha diferentes funções nos tecidos vegetais, notadamente na proteção das membranas e paredes celulares. Esse sal mineral, ao ligar-se covalentemente às homogalacturonas dá origem ao pectato de cálcio, fortalecendo assim a parede celular e restringindo a ação das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase, retardando assim o amaciamento de frutos (Lara *et al.*, 2004).

A cal virgem de grau alimentício (*food grade*) é utilizando pela agroindústria na manutenção superficial de doce em compotas, onde cubos de polpa de abóboras são mergulhadas em solução de hidróxido de cálcio (cal hidratada) de uso culinário para que ocorra o endurecimento do produto após o cozimento.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar experimentos sequenciados para formação de uma película rígida na parede celular de abóboras previamente higienizadas, descascadas e cortadas. Primeiramente realizou-se testes preliminares utilizando duas fontes de cálcio, em diferentes tempo de contato. Após, sucedeu-se o estudo do efeito da concentração de hidróxido de cálcio e do tempo de contato deste com os frutos utilizando a ferramenta de planejamento de experimentos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo das amostras

Foi utilizada como amostra, para as análises, abóbora de pescoço (*Cucurbita moschata Duch.*) adquirida em mercado local da cidade de Erechim/RS. Os frutos foram previamente higienizados, enxaguados, descascados, removidas as sementes e cortados em cubos (2,5 ± 0,1 cm de aresta).

2.2 Influência de duas diferentes fontes de cálcio na formação de uma película espessa

Foram testadas duas fontes de cálcio nos experimentos, hidróxido de cálcio (CaOH, cal virgem hidratada) e solução de cloreto de cálcio (CaCl) na concentração de 1% (m/v), em dois diferentes tempos de contato. As amostras foram imersas nas soluções e permaneceram em repouso durante o período de 2 e 24 horas, a temperatura ambiente. Decorrido esse tempo efetuou-se a lavagem e drenagem, para remoção do excesso de solução. As amostras foram cozidas em ebulição por 40 minutos, resfriadas a temperatura ambiente e assim efetuadas a avaliação da consistência (dureza) e espessura da película formada. Para a amostra controle não houve a exposição do fruto nas soluções estudadas.

2.3 Planejamento experimental

Da melhor resposta (maior dureza e espessura formada), obtida no experimento anterior, foi aplicado um planejamento experimental completo 2^2 variando concentração (0,29-1,71 %, m/v) e tempo de contato (35,4-204,6 min) das soluções com as amostras, obtendo como resposta o valor da dureza (kg/cm²) e espessura (mm) da película e, o teor de Sólidos Solúveis Totais (SST, º Brix) da polpa, conforme demonstrado na Tabela 1. Decorrido o tempo de contato efetuou-se a lavagem e a drenagem das soluções e as amostras foram cozidas em calda açucarada (30 º Brix) por 40 minutos, seguidas de resfriamento (30 min) a temperatura ambiente, lavagem para remoção do excesso de açúcar e análises físico-químicas.

2.4 Metodologias analíticas

A dureza do fruto foi avaliada com o auxílio de penetrômetro analógico portátil (kg/cm², dispositivo de pressão 11,1 mm de diâmetro, modelo PTR-100, marca Instrutherm). Análise da espessura foi dimensionada utilizando-se paquímetro digital (mm, marca Marberg). O teor de SST medido por refratometria (° Brix, 20 °C, marca Instrutherm, modelo RT280).

2.5 Análise estatística

Os resultados obtidos da avaliação das diferentes fontes de cálcio foram representados graficamente, mediante média (triplicata) e barra de erro (desvio padrão) sendo tratados estatisticamente pela Análise de Variância (ANOVA) e, a comparação entre as diferenças das médias, pelo teste de Tukey. Os resultados obtidos na avaliação de diferentes tempos de contato e concentrações de hidróxido de cálcio foram submetidos à metodologia de Planejamentos de Experimentos e pela Análise de Variância (ANOVA), com a utilização da ferramenta *Statistica* versão 5.0, ao nível de significância de 95 % de confiança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados da aplicação de fontes de soluções de cálcio (CaOH e CaCl) após 2 e 24 h de contato. Verificou-se um incremento de 80 % no valor da dureza do vegetal, pela utilização de hidróxido de cálcio. Não havendo diferença significativa ($p<0,05$) entre os diferentes tempos, utilizando o mesmo tratamento. Após o cozimento, apenas foi possível medir as películas formadas (crosta) em amostras aplicadas de CaOH, visto que as demais amostras ficaram com textura muito mole e não houve formação de película, para quantificação. Para as amostras que foram tratadas com CaOH durante 2 h e 24 h houve a formação de uma película de 0,42 mm e 0,75 mm, respectivamente.

A utilização de cloreto de cálcio foi eficiente na conservação de vegetais minimamante processados, em diversos trabalhos acadêmicos (Groppo *et al.,* 2009; Miguel *et al.,* 2007; Silva *et al.,* 2003; Luna-Guzmán e Barrett, 2000) porém, não há relatos de avaliação de diferentes concentrações de hidróxido de cálcio como agente de firmeza em frutos. Para Miguel *et al.* (2007) o uso da solução de cloreto de cálcio promoveu maior firmeza na textura de melancias minimamente processadas, enquanto que, Luna-Guzmán e Barrett (2000) avaliaram os efeitos do cloreto de cálcio (2,5%) nas características do melão minimamente processado e constataram que este proporcionou um sabor amargo aos pedaços da fruta.

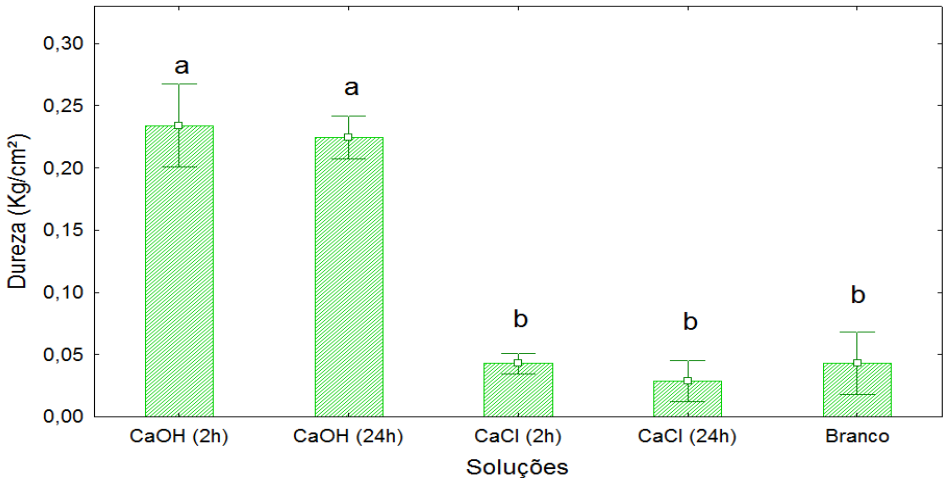


Figura 1. Avaliação da dureza (kg/cm²) da película de abóboras cortados em cubo (2,5 cm de aresta) após a utilização de duas diferentes soluções (CaOH e CaCl) e tempo de contato (2 e 24 h). Branco indica amostra sem tratamento. Letras iguais demonstram não haver diferença estatisticamente significativa ao nível de 5 % de significância (Teste de Tukey).

A partir dos resultados obtidos nos ensaios preliminares (Figura 1) foi realizado um planejamento fatorial completo 2^2 (Delineamento Composto Central Rotacional, DCCR) para a otimização do processo de formação de película, na estrutura da abóbora, utilizando solução de CaOH (cal hidratada).

A Tabela 1 apresenta a matriz do DCCR (valores reais e codificados) com as variáveis independentes (tempo de contato e concentração de CaOH) e respostas em dureza (kg/cm², consistência do vegetal), teor de SST (°Brix, teor de açúcar que migrou da calda para o interior do vegetal) e espessura (mm, avaliação da película formada na parede celular do vegetal). O objetivo da avaliação destas três respostas corrobora na confiabilidade dos resultados.

Tabela 1. Matriz do planejamento fatorial completo 2^2 (valores codificados e reais) e resposta em dureza (kg/cm²), SST (°Brix) e espessura (mm) em função do tempo de contato (min) e concentração de hidróxido de cálcio (%).

Ensaios	*Variáveis independentes		Dureza	SST	Espessura
	X_1	X_2	(Kg/cm²)	(°Brix)	(mm)
1	-1 (60)	-1 (0,5)	0,18	19	0,45
2	-1 (60)	1 (1,5)	0,23	15	0,59
3	1 (180)	-1 (0,5)	0,25	17	0,61
4	1 (180)	1 (1,5)	0,32	13	0,92
5	-1,41 (35,4)	0 (1)	0,14	26	0,66
6	1,41 (204,6)	0 (1)	0,27	19	0,84
7	0 (120)	-1,41 (0,29)	0,25	19	0,65
8	0 (120)	1,41(1,71)	0,29	11	0,81
9	0 (120)	0 (1)	0,24	21	0,61
10	0 (120)	0 (1)	0,22	22	0,61
11	0 (120)	0 (1)	0,24	21	0,62

*X_1= Tempo de Contato (min), X_2= Concentração de CaOH (%, m/v). Variáveis independentes fixas: aresta do cubo de abóbora (2,5 cm), tempo de cozimento das amostras (40 min), tempo de resfriamento (30 min) a temperatura ambiente, teor de SST da calda açucarada para cozimento (30°Brix).

As equações 1, 2 e 3 apresentam o modelo codificado que descrevem a dureza, o teor de SST e a espessura em função das variáveis tempo de contato e concentração de CaOH, dos resultados que apresentaram efeito significativo ($p<0,05$), dentro da faixa estudada. O modelo foi validado pela ANOVA, onde se obteve um coeficiente de correlação de 0,95, 0,94 e 0,90 e $F_{calculado}$ de 2,35, 3,77 e 0,89 vezes maior que $F_{tabelado}$ para análise de dureza, SST e espessura, respectivamente. Tais dados permitiram a construção das superfícies de respostas, apresentadas na Figura 2.

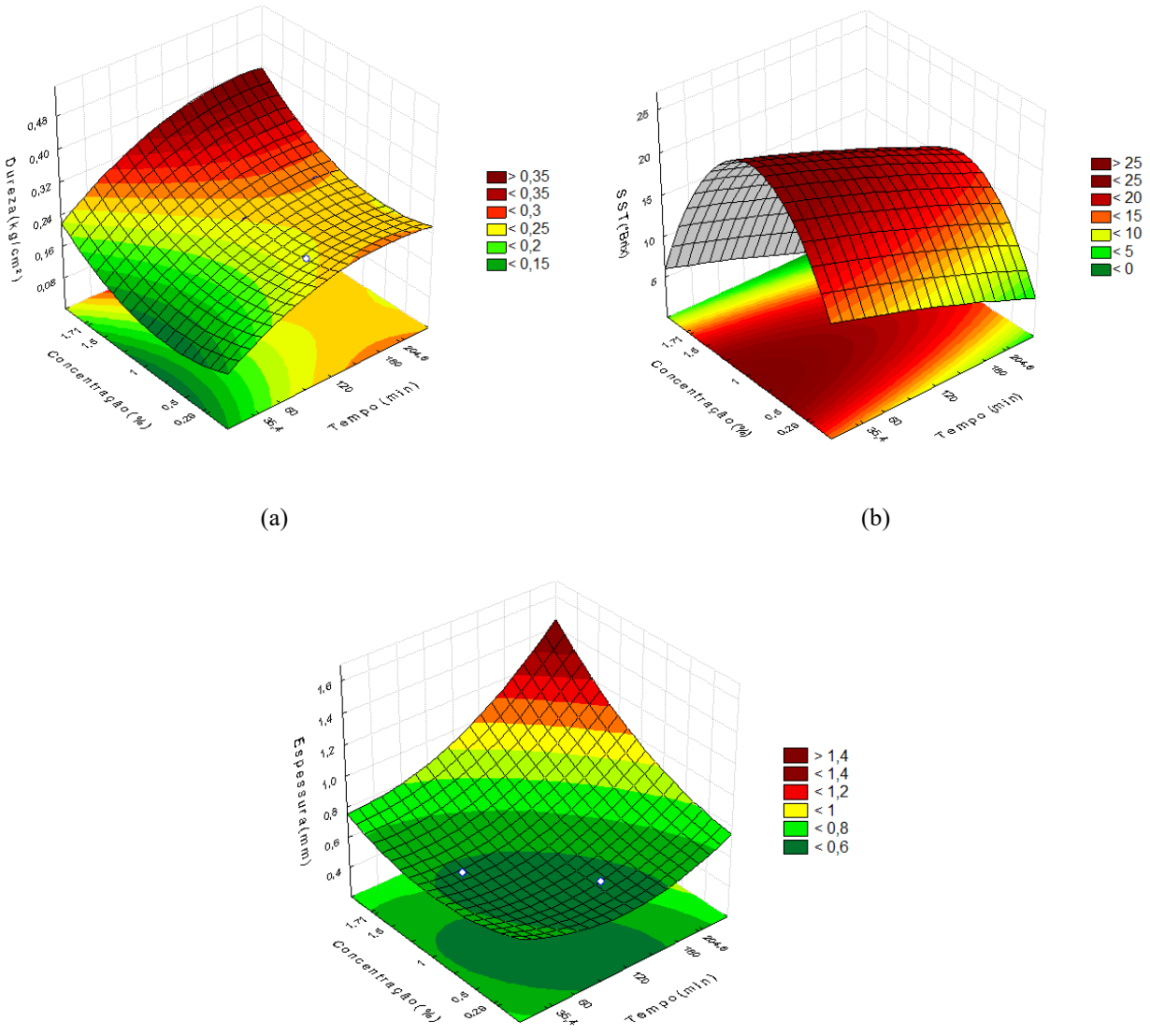
Equações:

$$Dureza\ (kg/cm^2) = 0,24 + 0,037\ (X_1) + 0,027\ (X_2) \quad (1)$$

$$SST\ (°Brix) = 21,3 - 2,24\ (X_1) - 1,92(X_2) - 3,88\ (X_2)^2 \quad (2)$$

$$Espessura\ (mm) = 0,61 + 0,088\ (X_1) + 0,044\ (X_1)^2 + 0,090\ (X_2) + 0,034\ (X_2)^2 + 0,042(X_1 X_2) \quad (3)$$

Onde: SST = Teor de Sólidos Solúveis Totais; X_1 = Tempo de contato (min); X_2 = Concentração de CaOH (%, m/v).



(a) (b)

(c)

Figura 2. Superfície de resposta do planejamento fatorial completo 2² para o processo de formação de película, em abóboras utilizando como agente de firmeza CaOH. Como resposta avaliou-se a dureza (a), teor de SST da polpa (b) e espessura da película (c) do fruto em função do tempo de contato (min) e concentração da solução de CaOH (%, m/v). Variáveis independentes fixas: aresta do cubo de abóbora (2,5 cm), tempo de cozimento das amostras (40 min), tempo de resfriamento (30 min) a temperatura ambiente, teor de SST da calda açucarada para cozimento (30°Brix).

Ao serem utilizadas altas concentrações do agente de firmeza e longos tempos de contato com a solução, pode-se observar que há uma região ótima para obtenção da máxima formação de película (Figura 2.c), dificultando assim, a pressão exercida pelo penetrômetro sobre o fruto, aumentando o valor da dureza (Figura 2.a). Pela formação de uma película menos espessa (Figura 2.b) constatou-se um incremento na migração de açúcar para a parte interna da polpa, aumentando o teor dos Sólidos Solúveis Totais.

Neste estudo também foram realizadas avaliações da amostra controle (sem tratamento), as quais não tiveram contato com a solução de CaOH e foram cozidas apenas em água. A Tabela 2 demonstra os valores obtidos de dureza (kg/cm²), teor de SST (° Brix) e espessura (mm) de amostras sem tratamento e com tratamento após otimização.

Tabela 2: Comparação entre amostras, sem tratamento e com tratamento (otimização).

Tratamento	Dureza (kg/cm²)	SST (°Brix)	Espessura (mm)
Sem tratamento	0,076 ± 0,016	35 ± 0,5	0,00*
Com tratamento	0,320 (4)**	11 (8)**	0,84 (4)**

* Dificuldade de medição. ( )** Otimização: maiores valores obtidos de dureza e espessura e menor valor obtido de SST, nos ensaios do planejamento experimental (Tabela 1). Variáveis independentes fixas: aresta do cubo de abóbora (2,5 cm), tempo de cozimento das amostras (40 min), tempo de resfriamento (30 min) a temperatura ambiente.

A utilização de agentes de firmeza em amostras de abóbora contribuiu para a formação de uma fina película sobre o produto, que tem por objetivo inibir a difusão da umidade, preservar os aromas e aumentar a crocância do produto, melhorando assim as características intrínsecas e a integridade mecânica dos vegetais. Portanto, sugere-se dar sequência a este estudo, através da realização de testes sensoriais e análises microbiológicas, juntamente com a avaliação da formação de película, para verificar as preferências do consumidor e o tempo de conservação do produto (vida de prateleira).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de 1,5 % de CaOH (cal hidratada) durante 3 horas contribui para a menor migração de açúcar (13 ºbrix) para o interior da abóbora, devido a maior formação de película (0,92 mm), proporcionando assim uma dureza de 0,32 Kg/cm².

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Erechim, pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

Brasil (Anvisa), 1997. “Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos alimentares: definições, classificação e emprego”. *Diário Oficial da União*, Portaria nº 540, 27/out/97.

Brasil (Anvisa), 2013. “Dispõe sobre a aprovação de uso de aditivos alimentares para produtos de frutas e de vegetais e geleia de mocotó”. *Diário Oficial da União*, RDC nº 8, de 6/mar/13.

Groppo, V.D., Spoto, M.H.F., Gallo, C.R. e Sarmento, S.B.S., 2009. “Efeito do cloreto de cálcio e da película de alginato de sódio na conservação de laranja ‘Pera’ minimamente processada”. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol. 29, n. 1, p. 1-7.

Lara, I., Garcia, P. e Vemdrell, M., 2004. “Modification in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (Fragaria x ananassa Duch.) fruit”. *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 34, 2004.

Lima, L.A., 2012. “Informações sobre a utilização de cal virgem na fabricação de doce de abóbora”. *Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico,* CDT/UnB.

Luengo, R.F.A, Parmagnani, R.M; Parente, M.R. e Lima, M.F.B.F., 2000. “Tabela de composição nutricional das hortaliças”. Brasilia: *Embrapa Hortaliças*, 4 p.

Luna-Guzmán, I. e Barrett, D.M., 2000. “Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes”. *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 19, p. 61-72

Marcelino, J.S. e Marcelino, M.S., 2012. “Cultivo de abóboras”. *Dossié Técnico*: Instituto de Tecnologia do Paraná.

Miguel, A.C.A., Dias, J.R.P.S. e Spoto, M.H.F., 2007. “Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de melancias minimamente processadas”. *Horticultura Brasileira*, Vol. 25, p. 442-446.

Rodriguez-Amaya, D.B., Kimura, M., Godoy, H.T. e Amaya-farfan, J., 2008. “Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition”. *Journal of Food Composition and Analysis*. Vol. 21, n. 6, p. 445-463.

Silva, G.C., Maia, G.A., Souza Filho, M.S.M., Figueiredo, R.W., Figueiredo, H.A.C. e Souza, A.C.R.S., 2003. “Efeito de diferentes concentrações de cloreto de cálcio na qualidade do abacaxí “pérola” minimamente processado”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Vol. 25, n. 2, p. 216-219.

Vieira, D.F.A., 2010. “Catálogo Brasileiro de Hortaliças”. Brasília: *Embrapa/Sebrae,* 60 p.

7. COMUNICADO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso deste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

RASTREABILIDADE DE *LISTERIA MONOCYTOGENES* E *SALMONELLA* SP. EM INDÚSTRIA DE ALIMENTOS CÁRNEOS

Daniele Hamann
Kelli Fátima Tonkiel
Cristiane Michele Marchesi
Jamile Zeni
Natalia Paroul
Geciane Toniazzo Backes
Rogério Luis Cansian
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, Av. sete de setembro, 1621, Erechim-RS, 99709-910.
danielehamann@gmail.com
kelliftonkiel@gmail.com
cmarchesi@auroraalimentos.com.br
jamilezeni@uricer.edu.br
nparoul@uricer.edu.br
gtoniazzo@uricer.edu.br
cansian@uricer.edu.br

Resumo. *A contaminação de alimentos apresenta um potencial de estudo devido não só ao risco a saúde, mas ao fato de ser dificilmente tratada e eliminada. Os biofilmes apresentam grande resistência ao tratamento de limpeza e sanitização, após estarem fortemente formados. O presente trabalho teve como objetivo a rastreabilidade de* Listeria monocytogenes *em uma indústria de alimentos cárneos de grande porte. Com o intuito de verificar os possíveis pontos de contaminação foi realizado um rastreamento por produtos e* swab *de superfície. O rastreamento microbiológico na indústria indicou maior foco de contaminação no setor Z. Observou-se maior contaminação de* L. monocytogenes *em relação à* Salmonella *sp. durante o período de rastreamento avaliado. O rastreamento dos produtos e da linha de produção do setor Z indicaram as agulhas de injeção de salmoura no setor de produtos temperados com maior potencial de contaminação.*

Palavras-chave: *Rastreabilidade, Listeria monocytogenes, agulhas de injeção de salmoura.*

1. INTRODUÇÃO

O conceito de qualidade de alimentos permite avaliar e aprovar, aceitar ou recusar determinado tipo de produto. A segurança de um alimento, é garantir que o consumo não cause danos aos consumidores, quando preparado ou consumido de acordo com seu uso intencional (Codex Alimentarius, 1999). A microbiota de um alimento é constituída por micro-organismos associados à matéria prima e/ou por contaminantes, adquiridos durante o beneficiamento, manuseio, processamento, acondicionamento, distribuição e/ou preparo para o consumo (manipuladores) dos alimentos. Os micro-organismos capazes de sobreviver ao processamento podem contaminar os alimentos (Lima e Sousa, 2002), podendo estes tornarem-se alterados (com perda das características organolépticas próprias e de seu valor comercial) e até ocasionar, no consumidor, infecções e intoxicações alimentares, dependendo do seu nível de contaminação microbiana e de suas características (Sousa, 2006; Ban e Kang, 2015).

As doenças transmitidas por alimentos cobrem uma ampla gama de doenças e são desencadeadas por agentes que foram consumidos juntamente com os alimentos. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a contaminação dos alimentos pode ocorrer em qualquer fase do processo, desde a produção de alimentos até o consumo e pode resultar da contaminação ambiental, incluindo a poluição da água e do ar (Srey et al., 2013). Segundo a OMS, eles são considerados um problema de saúde pública emergente em ambos os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Muitos surtos de patógenos podem ser associados com biofilmes (Srey et al., 2013). A abertura do mercado interno ao comercio internacional, condicionam as indústrias a atingirem patamares mais elevados de flexibilização e especialização, direcionados para o atendimento ao cliente. A priorização das estratégias da gestão da qualidade é promover melhorias contínuas no seu processo produtivo.

Alguns micro-organismos monitorados são denominados micro-organismos indicadores, pois quando presentes podem fornecer informações sobre o nível de adequação de cada etapa do processo, pois através deles pode-se identificar qual etapa do processo está inadequado e qual medida deve ser tomada no sentido de prevenir contaminações (Ferrari, 2013).

Atualmente a bactéria *Listeria* sp., devido à incidência e patogenicidade na indústria de alimentos, é muito avaliada e estudada. À sua natureza ubíqua a torna uma preocupação para a indústria de alimentos. Possui uma capacidade muito grande em formar biofilme e este pode ser o principal fator na contaminação alimentar (Poimenidou et al., 2016).

A *L. monocytogenes* é uma bactéria Gram-positiva, apresenta forma de cocobacilo, é móvel devido à presença de flagelos e é anaeróbia facultativa. O pH ótimo de crescimento é entre 25 e 30 ºC e adapta-se a baixas temperaturas (2-4 ºC). Pode estar presente e crescer em alimentos ácidos e de alta concentração salina, sendo encontrada em uma grande variedade de alimentos, especialmente alimentos crus (Gomes, 2011). Sua alta resistência está baseada na sua capacidade de formar biofilme em materiais como aço inoxidável, plásticos e superfície de policarbonato (Koneman et al., apud Catão, 2001; Gomes, 2011; Chmielewski e Frank, 2006).

Com relação a *Listeria monocytogenes*, o MAPA passou a exigir através da Circular nº354/2004/DCI/DIPOA (Brasil, 2004), procedimentos para a prevenção do micro-organismo apenas em produtos prontos, e através da Circular nº 105/05/CGPE/DIPOA (Brasil, 2005), o controle passou a ser exigido não somente no produto final, como também em swabs de superfícies, embora apenas para indústrias exportadoras para os Estados Unidos (Barbosa et al., 2016).

Devido aos riscos inerentes a ocorrência de *L. monocytogenes* em indústrias de alimentos, existe a necessidade de conhecer e mapear os locais mais propícios a aderência microbiana e propor metodologias eficazes de eliminação de biofilmes e células contaminantes para evitar contaminações cruzadas. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo rastrear os possíveis pontos de contaminação microbiana em uma indústria de produtos cárneos de grande porte.

2. MATERIAL E METODOS

O presente estudo foi realizado em uma indústria de abate e industrialização de produtos cárneos suínos, com inspeção Federal, situada na região Sul do Brasil. A indústria produz um amplo mix de industrializados derivados da carne suína incluindo cortes temperados, produtos resfriados, embutidos, frescais e defumados.

Visando mapear os possíveis locais de contaminação microbiana dentro da indústria de alimentos, realizou-se um estudo avaliando a presença de micro-organismos em produtos processados por um frigorífico de grande porte, antes do congelamento.

Foram realizados análises para *Salmonella* sp. e *L. monocytogenes*, dos produtos após manipulação nos setores X, Y e Z. Após avaliação dos dados encontrados para cada produto e setor, foi realizada análise de swab de superfície no setor que apresentou maior número de contaminação. Os pontos analisados foram ralo/calha, chute/esteira, parte interna de equipamento, mureta/piso, pallet/contentor e teto.

As análises foram realizadas semanalmente no período de janeiro a setembro de 2016, tanto nos produtos como nas diferentes superfícies, visando ser representativa em diferentes condições de produção (verão e inverno).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de rastear os possíveis pontos de contaminação microbiana dentro de uma indústria de alimentos, foram analisados produtos de vários setores de manipulação de uma empresa de grande porte que atua na área de cárneos, no período de janeiro a setembro de 2016. A Tabela 1 apresenta os produtos que indicaram contaminação por *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* sp. e a porcentagem de análises que apresentaram contaminação para cada produto durante este período, bem como o número (n) de análises por produto.

Tabela 1: Análise microbiológica de produto no período de janeiro a setembro de 2016, apresentando % de análise de cada produto com contaminação/análises realizadas.

Produtos	**Setor de Manipulação**	***Listeria monocytogenes* (%)**	***Salmonella* sp. (%)**
Produto 1 (n=45)	X	0	39
Produto 2 (n=45)	X	0	39
Produto 3 (n=45)	X	0	0
Produto 4 (n=45)	X	0	0
Produto 5 (n=27)	Y	0	11
Produto 6 (n=27)	Y	0	11
Produto 7 (n=27)	Y	0	11
Produto 8 (n=27)	Y	0	0
Produto 9 (n=27)	Y	0	0
Produto 10 (n=27)	Y	0	0

Produto 11 (n=27)	Y	0	0
Produto 12 (n=27)	Y	0	0
Produto 13 (n=27)	Y	0	0
Produto 14 (n=27)	Y	0	0
Produto 15 (n=27)	Y	0	0
Produto 16 (n=27)	Y	0	0
Produto 17 (n=27)	Y	0	0
Produto 18 (n=27)	Y	0	11
Produto 19 (n=27)	Y	0	11
Produto 20 (n=27)	Y	0	11
Produto 21 (n=27)	Y	0	11
Produto 22 (n=27)	Z	11	0
Produto 23 (n=18)	Z	67	0
Produto 24 (n=45)	Z	71	0
Produto 25 (n=27)	Z	33	0
Produto 26 (n=45)	Z	0	0
Produto 27 (n=45)	Z	0	0
Produto 28 (n=27)	Z	0	0
Produto 29 (n=27)	Z	0	0
Produto 30 (n=27)	Z	0	0
Produto 31 (n=27)	Z	0	0

Após a análise dos produtos, para certificação e rastreamento, tabelou-se os dados conforme os setores que manipulam os produtos citados na Tabela 1. A Tabela 2 apresenta os resultados em porcentagem de análises de produtos que apresentaram desvio para *L. monocytogenes* e *Salmonella* sp. divididos por setor de manipulação em Setor X, Setor Y e Setor Z no período de janeiro a setembro de 2016 de indústria manipuladora de alimentos de grande porte.

Tabela 2: Análises de produtos divididos por setor de manipulação para *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* sp. no período de janeiro a setembro de 2016.

Setores	**Presença de *Listeria monocytogenes* (%)**	**Presença de *Salmonella* sp. (%)**
Setor X (n=180)	11	15
Setor Y (n=450)	0	3
Setor Z (n=315)	47	8

Ao analisar as Tabela 1 e 2 observou-se que os produtos manipulados no setor Z possui índice de contaminação por *Listeria monocytogenes*.

A contaminação por *Salmonella* sp. foi maior no setor X. Considerando a maior incidência de *L. monocytogenes* em relação a Salmonella no setor Z, optou-se por continuar as avaliações somente com esta bactéria e neste setor.

Segundo Poimenidou et al. (2016), estirpes de *L. monocytogenes* foram isoladas depois de um procedimento de limpeza e detectado a presença em 11,5% de amostras de superfícies que entram em contato com os alimentos. Os locais mais problemáticos foram as correias transportadoras e outros sistemas de transporte, pisos e drenos, equipamentos de cozinha e tábuas de corte.

Para rastear os possíveis pontos de contaminação de *L. monocytogenes* e *Salmonella* dos produtos nos setores estudados, foram realizadas análises de swab nas superfícies em que estes produtos entram em contato. Os pontos foram mapeados e separados em categorias como, ralo/calha, chute/esteira, parte interna de equipamento, mureta/piso, pallet/contentor e teto. Os resultados encontrados para as análises de swab após a higienização operacional mostram ausência dos micro-organismos nos pontos analisados. Verificando a eficiência do programa de limpeza e sanitização utilizados pela empresa. A empresa possui o programa APPCC implementado, controlando os Pontos de Controle, treinando empregados, seguindo Boas Práticas de Fabricação e os Programas Sanitários Operacional.

Visando confirmar a contaminação por *L. monocytogenes* analisou-se os produtos processos no setor Z, e somente produtos que passaram pelo processo de injeção em % apresentaram contaminação, com isso verificou-se antes e após injeção de salmoura e constataram-se para ambas as análises ausência de contaminação antes da injeção e presença após a injeção. Como sequência do rastreamento, foram analisados a salmoura e o equipamento de injeção, bem como esteiras do equipamento, parte interna e externa, as quais apresentaram ausência para *L. monocytogenes*.

Com a verificação de todos os pontos de possíveis riscos de contaminação na indústria não foram encontrados focos de contaminação através das análises de swab em todos os equipamentos e utensílios do setor Z, bem como nos produtos anteriormente a aplicação de salmoura. Desta forma restaram apenas os produtos após a injeção, os quais passam pelo equipamento de injeção, como todos os pontos no equipamento testados por swab não apresentaram

desvios, as agulhas as quais a análise de swab não é aplicável, devido ao diâmetro interno, foram estudadas para verificar formação de biofilme e métodos para eliminar de forma otimizada os biofilmes internamente as agulhas.

Henriques et al. (2016) realizando estudos com *L. monocytogenes* identificaram presença do micro-organismos em 18% das amostras de carne de frigorífico de alimentos, destacando a necessidade da melhoria no sistema de gestão de limpeza e sanitização das instalações industriais, baseados em casos de virulência. Segundo Henriques et al. (2016), a ocorrência de *L. monocytogenes* a qual está associada a doenças humana, em indústrias apresenta uma classificação sobre o sistema de sanitização, a qual a presença deve ser avaliada para identificação da fonte de contaminação. Isso reforça a importância de um diagnóstico da eficácia do sistema de sanitização através de testes microbiológicos. Segundo o autor, os sistemas de gestão da segurança de alimentos das indústrias precisam ser melhorados, particularmente nas operações de limpeza, controle analítico, manutenção preventiva, higiene pessoal e análise de causa raiz saneantes.

Devido à falta de estudos sobre contaminação microbiana em agulhas de injeção de salmoura, as quais são de difícil sanitização pelo formato apresentado, este trabalho avaliou a formação de biofilme bem como diferentes métodos de limpeza e sanitização destes utensílios utilizados em indústrias de processamento cárneos.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERGS e URI pelo apoio financeiro.

5. REFERÊNCIAS

Ban, G.H.; Kang, D.H., 2015. Effect of sanitizer combined with steam heating on the inactivation of foodborne pathogens in a biofilm on stainless steel. *Food Microbiology* v. 55, p. 47-54.

Barbosa, J.; Cuppini, M.; Flach, J.; Steffens, C.; Cansian, R. L.; Toniazzo, G., 2016. Removal of Escherichia coli in boning knives with diferente sanitizers. *LWT- Food Science and Technology*, v. 71, p. 309-315.

Brasil, 2004. Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. Circular nº354/2004/DCI/DIPOA de 05 de agosto de 2004. Programas de autocontroles de estabelecimento habilitados para os Estados Unidos (EUA) e para Estados-Membros da União Européia (UE). Brasília, 2004.

Brasil, 2005. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Circular Nº 175/2005/CGPE/DIPOA, de 16 de maio de 2005. Procedimentos de Verificação dos Programas de Autocontrole. Brasília, .38, 2005.

Catão, R. M. R.; Ceballos, B. S. O., 2001. *Listeria* spp., Coliformes Totais e Fecais e *E. coli* no leite cru e pasteurizado de uma Indústria de Laticínios, no Estado da Paraíba (Brasil). Universidade Federal da Paraíba: Campina Grande, 2001. <http://www.scielo.brpdfctav21n38544.pdf.> Acessado em: 23/04/2013.

Chmielewski, R. A. N.; Frank, J.F., 2006. A predictive model for heat inactivation of *Listeria monocytogenes* biofilm on buna- N rubber. *LWT- Food Science and Technology*, v. 39, p. 11-19.

Codex Alimentarius, 1999. - CAC/RCP-1-1969-Ver 3 (1997), Amd.

Ferrari, C. I., 2013. Mapeamento de *Listeria* sp. Na Unidade FACH II da Aurora Alimentos. Monografia programa de Pós-Graduação na área de Tecnologia de Carnes, do Centro de Tecnologia de Carnes do Instituto de Tecnologia de Alimentos.

Gomes, M. Z. do V., 2011. Utilização de biosurfatantes no controle da adesão bacteriana e na remoção de biofilmes de patógenos alimentares em superfície de poliestireno. Dissertação para Mestrado em Ciências do instituto de Química de São Carlos.

Henriques, A. R; Gama, L. T; Fraqueza, M. J., 2016. Tracking *Listeria monocytogenes* contamination and virulence-associated characteristics in the ready-to-eat meat-based food products industry according to the hygiene level. *International Journal of Food Microbiology*, v. 245, p. 101-106.

Lima, A. W. O.; Sousa, C. P., 2002. Infecções e intoxicações alimentares. *In: Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos. João Pessoa, PB: Nova Idéia*, e. 1, v. 1, p.175-199.

Poimenidou, S. V.; Chrysadakou, M.; Tzakoniati, A.; Bikouli, V. C.; Nychas, G-J.; Skandamis, P. N. , 2016. Variability of Listeria monocytogenes strains in biofilm formation on stainless and polystyrene materials and resistance to peracetic acid and quaternary ammonium compounds. *International Journal of Food Microbiology*, v. 237, p. 164-171.

Sousa, C. P de., 2006. Segurança Alimentar e doenças veiculadas por alimentos: utilização do grupo Coliformes como um dos indicadores de Qualidade de Alimentos. *Revista APS*, v.9, n.1, p. 83-88.

Srey, S.; Jahid, I. K.; Do Ha, S., 2013. Biofilm formation in food industries: A food safety concern. *Food Control*, v. 31, p. 572-585.

6. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ADESÃO DE *LISTERIA MONOCYTOGENES* E REMOÇÃO DE BIOFILMES EM AGULHAS DE INJEÇÃO DE SALMOURA INDUSTRIAL

Daniele Hamann
Cooperativa Central Aurora Alimentos. Rua Itália, 1526, Erechim-RS, 99700-000.

Alexandre Matthiensen
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Suínos e Aves. BR 153 km 110, Vila Tamanduá, Concórdia-SC, 89700- 000

Kelli Fátima Tonkiel
Stefany de Oliveira Meirelles
Cristiane Michele Marchesi
Juliano Hawryluk
Natalia Paroul
Geciane Toniazzo Backes
Rogério Luis Cansian
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. sete de setembro, 1621, Erechim-RS, 99709-910.
danielehamann@gmail.com
kelliftonkiel@gmail.com
cmarchesi@auroraalimentos.com.br
juliano@uricer.edu.br
nparoul@uricer.edu.br
gtoniazzo@uricer.edu.br
cansian@uricer.edu.br

Resumo. *Atualmente,* Listeria monocytogenes, *devido à incidência e patogenicidade na indústria de alimentos, é muito avaliada e estudada. Possui uma capacidade muito grande em formar biofilme e este pode ser o principal fator na contaminação alimentar. O presente trabalho teve como objetivo estudar formação e remoção de biofilmes formados por* L. monocytogenes *em agulhas de injeção de salmoura na indústria de alimentos. Observou-se adesão de* L. monocytogenes *com formação de biofilme após 6 h de contato das agulhas com a bactéria. Em condições laboratoriais, a concentração bactericida mínima (CBM) do ácido peracético sobre biofilme de* L. monocytogenes *foi de 0,015%. Nas agulhas determinou-se CBM de 0,03 e 0,012% para biofilmes de 6 e 24 h de contato com a bactéria, com agulhas submetidas à imersão no sanitizante e de 0,06 e 0,24% para biofilmes de 6 e 24 h de contato com a bactéria, quando o sanitizante foi injetado no interior das agulhas, todos com 10 minutos de contato.*

Palavras-chave: *Biofilme, Concentração bactericida mínima, L. monocytogenes, Agulhas de injeção de salmoura.*

1. INTRODUÇÃO

Por definição um alimento seguro é aquele ausente de contaminantes ou constituintes que possam causar perigo à saúde (Souza et al., 2005). Os alimentos podem ser inseguros por razões como: manipulação inadequada; uso de matérias primas cruas e contaminadas; contaminação e/ou crescimento microbiano; uso inadequado de aditivos químicos; adição acidental de produtos químicos; poluição ambiental e degradação de nutrientes (Sousa, 2006).

A marinação, ou aplicação de salmoura adicionada ou não de condimentos, é um processo utilizado para melhorar as características físicas e sensoriais da carne. Consiste em submeter a carne à solução de salmoura para aumentar a retenção de fluidos e incrementar seus atributos sensoriais (Rust e Knipe, 2014). Este processo pode ser aplicado de formas distintas, por imersão, injeção e por massageamento (dinâmico). Para o processo de injeção de salmoura são utilizadas agulhas de injeção, estas agulhas são utilizados para incorporar salmoura de cura em produtos marinados ou em pedaços de carne com a finalidade de afetar a cor do produto, textura, sabor, segurança da carne, além de proteínas, e as capacidades de ligação de água. O formato destas agulhas dependem do produto a ser injetado.

Entretanto, a higienização e sanitização do sistema de injeção e, principalmente das agulhas de injeção de salmoura, é um processo difícil em determinados equipamentos, pela dificuldade de desmontagem do mesmo para submetê-lo à sanitização completa e ou por imersão. Ao considerar a higienização do sistema de injeção, esta abrange um esfrega

manual e ou com auxílio de equipamento, com detergente alcalino e após sanitização com ácido peracético, em escala industrial. Na esfrega concentra-se a remoção da matéria orgânica e após sanitização para remoção total dos micro-organismos. As agulhas de injeção devido a sua montagem no equipamento e ao seu diâmetro interno, muitas vezes, é higienizada somente através do sistema de arraste por pressão do próprio sistema. Este ponto é um potencial formador de biofilme, devido à dificuldade de remoção total da material orgânica, e ao fato de a sanitização não abranger toda a superfície interna à agulha.

Os produtos temperados, produzidos na indústria estudada, passam pela etapa de injeção de salmoura, tanto em etapa intermediaria como em etapas iniciais. Devido ao sistema de injeção ser formado/montado por blocos de agulhas e as agulhas apresentarem diâmetro extremamente pequenos, a etapa de injeção passa a ser um ponto de controle microbiológico e de estudo, para otimização do sistema de higiene e sanitização, devido a facilidade em geral uma contaminação cruzada dentro da indústria, pois o equipamento é utilizado para temperar um série de produtos.

Biofilme o qual é caracterizado como a biomassa acumulada de micro-organismos e materiais extracelulares sobre uma superfície sólida, pode ser prejudicial para ambos os processos vitais e industriais humanos (Hori e Matsumoto, 2010; Ban e Kang, 2015). Segundo Winkelstroter (2012) biofilme pode ser definido como uma comunidade de células bacterianas embutidas em uma matriz de exopolissacarídeos (EPS) produzidas pelas próprias células aderidas em uma superfície abiótica ou biótica. A questão relacionada à formação de biofilme deve-se ao fato que as células apresentam maior resistência a agentes antimicrobianos e detergentes do que quando livres. Esta resistência pode estar relacionada com limitações à passagem pela matriz extracelular, devido a alterações fenotípicas das células na estrutura do biofilme e ao mecanismo de resistência gerado pela estrutura tridimensional. Estudos mostram que as operações de lavagem e sanitização utilizados pelas indústrias alimentícias nem sempre garantem a eliminação completa dos biofilmes (Gomes, 2011; Malheiro e Simões, 2017). As células aderidas são altamente resistentes aos ácidos presentes na desinfecção, com tolerância ou resistência a concentrações letais de desinfetantes, porque produzem exopolissacarídeos que protegem contra agentes químicos (Carpentier e Cerf, 1993).

A *Listeria monocytogenes* pode persistir em equipamentos industriais e instalações com alto potencial de adesão e capacidade de formação de biofilme a baixas temperaturas (Carpentier e Cerf, 1993). A aderência bacteriana à superfícies de aço inoxidável, vidro, e polipropileno é uma fonte potencial de contaminação que pode levar à transmissão desta doença (Chavant et al., 2007). Entre as diversas DTAs (doenças transmitidas por alimentos), uma das mais importantes é a listeriose, causada por Listeria monocytogenes, devido ao seu grau de sequelas e alto índice de letalidade (20 a 30%) (Ban e Kang, 2015).

O ácido peracético é um excelente sanitizante contra bactérias Gram-positivas, Gram-negativas, fungos filamentosos e leveduras, vírus e esporos bacterianos, pois não somente atacam as proteínas da parede celular, mas também migram para dentro da célula, rompendo componentes internos desta (Mcdonnell e Russell, 1999). Entretanto, requer contato direto com o micro-organismo por um determinado período de tempo para ser eficaz, o qual varia em função da concentração do mesmo.

Neste sentido, os objetivos do presente trabalho foram avaliar a formação de biofilmes de *L. monocytogenes* e em agulhas de injeção de salmoura e determinar a concentração bactericida mínima (CBM) de ácido peracético sobre *L. monocytogenes* previamente aderidas em agulhas de injeção de salmoura sob condições laboratoriais e da parte interna das agulhas, simulando o processo de aplicação realizado na indústria.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Avaliação da formação de biofilmes em agulhas de injeção de salmoura

Para a avaliação da adesão bacteriana de *L. monocytogenes* (ATCC 7644) em agulhas de injeção de salmoura foram utilizadas agulha hipodérmicas (120 mm comprimento x 3,0 mm espessura externa x 1 mm espessura interna) comumente utilizadas na indústria para aplicação de salmoura em produtos salgados pelo processo de injeção. Para este estudo foram utilizadas agulhas usadas, buscando-se as condições mais favoráveis à formação de biofilmes pelo aumento irregular de desgaste destas, em ensaios.

A preparação das agulhas para os testes foi seguida de uma higienização com água, após esfrega com detergente neutro líquido, enxágue com água corrente seguida por água destilada e desinfecção por imersão em água destilada fervente (100º C) por 5 min, sendo este procedimento adotado previamente a todos os ensaios subsequentes com as agulhas.

Após a higienização e desinfecção as agulhas foram imersas em caldo Luria Bertani - LB (10g/L triptona, 5g/L extrato de levedura, 5g/L NaCl) previamente inoculado com 0,1 mL de pré inóculo de *L. monocytogenes* (~$1x10^8$ UFC/mL) e incubadas a 35-37°C por 3, 6, 12 e 24 h de contato com as agulhas, para permitir diferentes níveis de adesão da bactéria com as agulhas. Após a incubação, as agulhas foram retiradas do caldo LB, realizado enxágue com água deionizada corrente (15s), seguida por três lavagens com água estéril agitadas em vortex (20 s).

A adesão bacteriana foi avaliada por contagem padrão em placas de diluente injetado na parte interna da agulha e swab da parte externa da mesma.

2.2 Determinação da concentração bactericida mínima (CBM) de ácido peracético sobre *L. monocytogenes*

Na determinação da Concentração Bactericida Mínima (CBM) de ácido peracético sobre *L. monocytogenes* em condições laboratoriais, foram utilizadas microplacas de Elisa com caldo padrão para contagem (5 g/L digestão enzimática da caseína; 2,5 g/L extrato de levedura; 1 g/L glicose/dextrose) e inóculo de ~5x106 UFC/mL de L. monocytogenes incubado por 24 horas a 35 °C. Após a incubação, foi aspirado o meio, e realizadas duas lavagens com 200 µL de solução salina para remoção de células planctônicas. Em seguida, foi adicionado o ácido peracético (17% - ECOPER Química) em diferentes concentrações e após 10 minutos, o sanitizante foi removido e as cavidades foram novamente lavadas duas vezes com 200 µL de solução salina e Tween 80, para a completa remoção do sanitizante. Posteriormente pipetado 150 µL de caldo padrão para contagem estéril às cavidades e a placa foi incubada a 35 ºC novamente. Após 24 horas foi efetuada a leitura de densidade óptica no leitor de microplacas de Elisa (EL800 Biotek Instruments, INC.) em comprimento de onda de 490 nm, para analisar o crescimento das células através da turvação do meio que indica a Concentração Bactericida Mínima do sanitizante utilizado (Flach, 2015).

Para a avaliação da concentração bactericida mínima (CBM) do ácido peracético sobre biofilmes de *L. monocytogenes* em agulhas de injeção de salmoura, as agulhas foram incubadas com o micro-organismo teste por 6 ou 24 horas de crescimento, visando simular os tempos entre as sanitizações industriais. Após a incubação foram realizados três enxágues com água deionizada, sendo em seguida imersas em tubos de ensaio contendo 30 mL de solução detergente alcalino clorado (Easyfoan/ Diversey) e ou combinação com detergente ácido (Kalyclean 244), por 10 min., conforme indicação do fabricante.

Para avaliar a CBM em condições laboratoriais, após a aplicação do detergente, as agulhas foram imersas em solução do sanitizante ácido peracético-AP (17% - ECOPER Química) em diferentes concentrações (0,03; 0,06; 0,12, 0,24 e 0,30%). Após o tempo de contato recomendado pelo fabricante do sanitizante (10 min), as agulhas foram submetidas ao swab da parte externa e estes inoculados em agar LB (LB e agar 15 g/L), e incubados a 35-37ºC por 24h, seguido por contagem das colônias.

Para avaliar a CBM simulando a sanitização realizada na industria, após a aplicação do detergente as agulhas foram enxaguadas com água estéril e aspergidas com ajuda de seringa pela parte interna e externa com 10 mL da solução sanitizante a ser testada, ácido peracético-AP (17% - ECOPER Química) em diferentes concentrações. O sanitizante industrial foi pré diluído nas concentrações 0,03; 0,06; 0,12; 0,24 e 0,30% para aplicação nas agulhas incubadas por 24h e nas concentrações 0,015; 0,03; 0,06 e 0,12% para 6h de incubação. Após o período de atuação de 10 min. conforme descrição do fabricante, as agulhas foram aspergidas internamente com 10 mL de solução de água peptonada (peptona 10,0 g/L, fosfato de hidrogênio 9,0 g/L, NaCl 5,0 g/L, fosfato de potássio 1,5 g/L) e 3% de tween 80 (para inativação do ácido peracético residual). O líquido foi plaqueado por imersão em ágar LB (LB e ágar 15 g/L), as quais foram incubadas a 35-37ºC por 24h, seguido por contagem das colônias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Adesão de *L. monocytogenes* em agulhas de injeção de salmoura

A adesão de *L. monocytogenes* em agulhas de injeção de salmoura é apresentada na Figura 1. Observou-se um rápido crescimento bacteriano nas primeiras 12 h, com tendência a se estabilizar às 24 h.

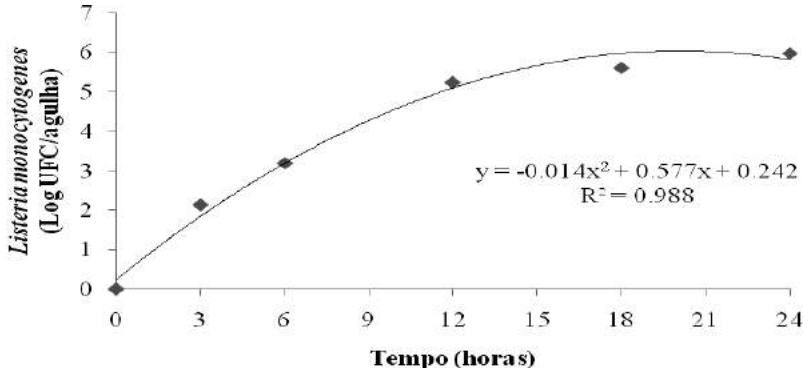


Figura 1: Cinética de adesão de *Listeria monocytogenes* em agulhas de injeção de salmoura.

A literatura sobre a formação de biofilmes de L. monocytogenes em superfícies em geral é escassa e inexistente em agulhas de injeção de salmoura, tornando difícil a realização de uma discussão comparativa dos resultados obtidos. Ronner e Wong (1993) definiram a formação de biofilme como uma recuperação maior que 3,0 Log UFC/cm^2. Assim, de acordo com este critério, formação de biofilme de *L. monocytogenes* ocorreu após 6 h de contato das agulhas com a

bactéria. Sabe-se que a formação de biofilmes pode ocorrer em um curto espaço de tempo, e que o mesmo pode reduzir a ação do sanitizante (Beltrame et al., 2016).

A grande irregularidade da superfície interna das agulhas de injeção de salmoura facilitam a formação de biofilmes de *L. monocytogenes* e provavelmente de outros micro-organismos associados. As bactérias têm uma tendência natural de aderir a superfícies como um mecanismo de sobrevivência e a colonização bacteriana de superfícies sólidas, o qual tem sido descrita como um estratagema bacteriano básico e natural numa ampla variedade de ambientes. Se material orgânico, células, minerais, depósitos de limpeza e outros detritos forem depositados sobre uma superfície, isso pode ser conhecido como incrustação orgânica. No processamento de alimentos, há incrustações constantes de superfícies pelos componentes de alimentos que estão sendo processados e esta incrustação forma a camada sobre a qual os micro-organismos aderem subseqüentemente, embutidos em biofilmes ou escondidos em fissuras ou fendas podem escapar procedimentos de limpeza e desinfecção e tornarem-se uma fonte de recontaminação de produtos alimentares durante o processamento (Whitehead et al., 2004).

Diversos autores observaram que as irregularidades das superfícies poliméricas promovem a adesão bacteriana e a deposição de biofilme enquanto que superfícies lisas não favorecem a adesão bacteriana e a deposição de biofilme. Isto pode acontecer uma vez que uma superfície rugosa tem uma área de superfície maior e as depressões nas superfícies rugosas proporcionam locais mais favoráveis para a colonização (Scheuerman et al., 1998; Barbosa et al., 2016).

3.2 CBM de ácido peracético sobre *L. monocytogenes* em condições laboratoriais

Visando obter um parâmetro da eficácia do sanitizante ácido peracético sobre *L. monocytogenes*, foi determinada a CBM deste em condições laboratoriais (biofilmes previamente aderidos em microplacas de Elisa/24 horas) (Figura 2).

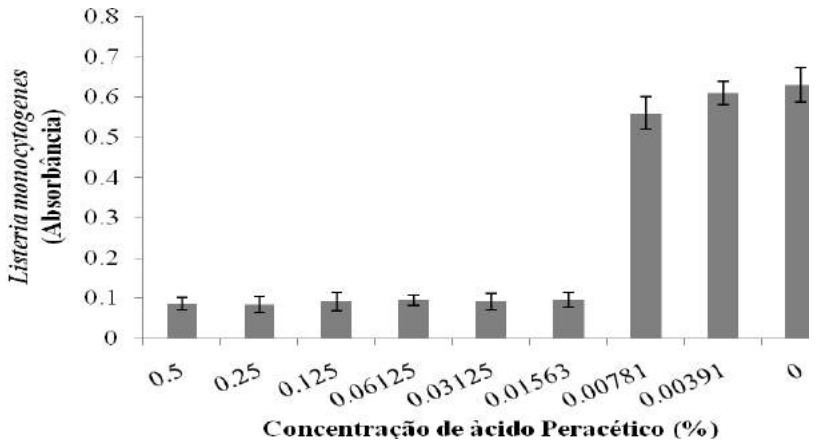


Figura 2: Determinação da Concentração Bactericida Mínima de ácido peracético sobre *Listeria monocytogenes*.

A menor concentração de ácido peracético com 10 minutos de exposição, capaz de matar as células aderidas em biofilme de *L. monocytogenes* foi de 0,015% sendo definida como a CBM em condições laboratoriais.

A atividade desinfetante do ácido peracético é baseada na liberação de oxigênio ativo. Ele rompe funções quimiosmóticas de lipoproteínas da membrana citoplasmática e o transporte por meio da deslocação ou da ruptura da parede celular. Isso pode ser igualmente efetivo contra lipoproteínas da membrana externa, facilitando a ação contra bactérias Gram-negativas. O ácido peracético intracelular pode também oxidar enzimas essenciais. Assim, vias bioquímicas vitais, transporte através da membrana e níveis de solutos intracelulares são danificados, além de alterações na molécula de DNA (Kitis, 2004).

3.3 CBM por imersão das agulhas em ácido peracético

Este teste foi realizado buscando-se avaliar a eficácia da imersão em ácido peracético sobre biofilmes formados na superfície das agulhas de injeção de salmoura. Os resultados da determinação da CBM em agulhas submersas em ácido peracético por 10 min encontram-se na Figura 3.

Observa-se diferença na CBM entre os tempos de contato da bactéria com as agulhas de injeção para formação do biofilme, obtendo-se CBM de 0,03 e 0,12% (v/v) para biofilmes de 6 e 24 horas de formação, respectivamente. De acordo com Frank et al. (2003), o ácido peracético pode reduzir mais de 6 log do biofilme de *L. monocytogenes* sobre aço inoxidável na presença de gordura e proteína de soro com uma concentração de 2,0 mL/L (0,02%) e um tempo de exposição de 10 min. Segundo Cabeça et al. (2008), o ácido peracético pode reduzir o biofilme de *L. monocytogenes* aderido durante 24 h em 5 Log com uma concentração de 0,50% m/v, resultados estes que podem ser comparados com o valor encontrado para o CBM obtido por imersão as agulhas na solução do sanitizante.

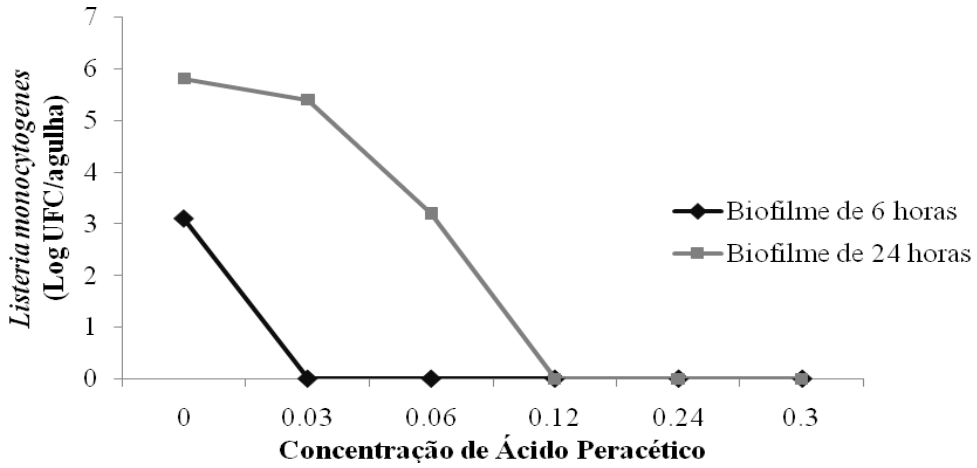


Figura 3: Determinação da Concentração Bactericida Mínima de ácido peracético sobre *Listeria monocytogenes* em agulhas de injeção de salmoura submetidas a imersão por 10 min.

3.4 CBM por injeção de ácido peracético nas agulhas

Esta avaliação foi realizado visando simular as condições industriais de aplicação do sanitizante, o qual é aplicado sob pressão nas agulhas de injeção e mantido por 10 min até o enxágue (devido a dificuldade de desmontagem das agulhas). Observou-se que a CBM para 24h de incubação foi em 0,24% (v/v) de ácido peracético sobre *L. monocytogenes* e para 6h de incubação de 0,06% (v/v), considerando o processo simulado ao industrial, com injeção da solução de ácido utilizando seringa (Figura 4).

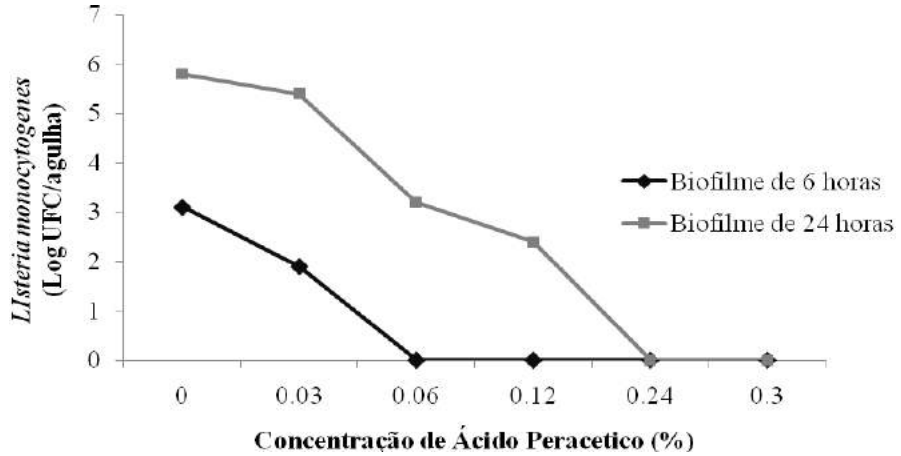


Figura 4: Determinação da Concentração Bactericida Mínima de ácido peracético sobre *Listeria monocytogenes* em agulhas de injeção de salmoura submetidas a injeção do sanitizante e ação por 10 minutos.

Assim como no processo de imersão, observou-se diferenças de CBM para os diferentes tempos de formação de biofilmes. Os dados encontrados neste trabalho podem ser comparados aos de Poimenidou et al. (2016), os quais verificaram para *L. monocytogenes* presente em plantas de processamento de alimentos, um CBM para tratamento com ácido peracético variando entre 115 a 2713 ppm (0,0115 a 0,2713%). Os mesmos autores justificam também a CBM maior para tempos maiores de incubação, como verificado no presente estudo o qual apresentou CBM maior para 24h de incubação com *L. monocytogenes* se comparado a 6h de incubação, concluindo que o tempo está diretamente relacionado com ao CBM, devido supostamente a formação do biofilme e com isso aumento da resistência a sanitizantes.

Belessi et al. (2011) estudaram a resistência do biofilme de *L. monocytogenes* em condições de processamento de alimentos e verificaram que as bactérias sobreviventes em aço inoxidável diminuem à medida que o tempo de exposição a ácido peracético 2% aumenta e não puderam ser detectados após 6 min de exposição.

Comparando-se os dois métodos observa-se que a imersão em sanitizante por 10 min apresenta um eficácia duas vezes maior se comparado com a injeção do sanitizante através da agulha. Porém, devido à dificuldade de montagem e desmontagem do equipamento o valor a ser considerado é aquele que simula o processo industrial, podendo o tempo de contato ser um dos fatores a ser otimizado durante a sanitização industrial, ou realizar mais de uma injeção do sanitizante no mesmo processo de sanitização visando aumentar a sua eficácia, embora ainda não testados.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERGS, Aurora Alimentos e URI pelo apoio financeiro.

5. REFERÊNCIAS

Ban, G.H. and Kang, D.H., 2015. Effect of sanitizer combined with steam heating on the inactivation of foodborne pathogens in a biofilm on stainless steel. *Food Microbiology* v. 55, p. 47-54.

Barbosa, J.; Cuppini, M.; Flach, J.; Steffens, C.; Cansian, R. L. and Toniazzo, G., 2016. Removal of Escherichia coli in boning knives with diferente sanitizers. *LWT- Food Science and Technology*, v. 71, p. 309-315.

Belessi, C-E.A.; Gounadaki, A.S.; Psomas, A.N. and Skandamis, P.N., 2011. Efficiency of different sanitation methods on *Listeria monocytogenes* biofilms formed under various environmental conditions. *International Journal of Food Microbiology*, v.1, p. s46-s52.

Beltrame, C.A.; Martelo, E.B.; Mesquita, R.; Rottava, I.; Barbosa, J.; Steffens, C.; Toniazzo, G; Valduga, E.and Cansian, R.L., 2016. Effectiveness of sanitizing agents in inactivating *Escherichia coli* (ATCC 25922) in food cutting board surfaces. *Italian Journal of Food Sciences*, v.28, p.148 - 154.

Cabeça, T.K.; Pizzolitto, A.C. and Pizzolitto, E.L., 2008. Assessment of action of desinfectants against *Listeria monocytogenes* biofilms. *Journal of Food and Nutrition*, e. 17, v. 2, p. 121-125.

Carpentier; B. and Cerf, O., 1993. Biofilm and their consequences with particular reference to hygiene in the food industry. *Journal of Applied Bacteriology*, v. 75, p.499-511.

Chavant, P.; Gaillard-Martinie, B.; Talon, R.; Hébraud, M. and Bernardi, T., 2007. A new device for rapid evaluation of biofilm formation potential by bacteria. *Journal of Microbiological Methods*, v. 68, e. 3, p. 605-612.

Flach, J., 2015. Caracterização e Controle de Biofilmes Formados por Bactérias Psicrotróficas Isoladas de Tanques para Refrigeração de Leite. 2015. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) – UFRGS, Porto Alegre.

Frank, J.F.; Ehlers, J. and Wicker, L., 2003. Removal of *Listeria monocytogenes* and poultry soil-containing biofilms using chemical cleaning and sanitizing under static condions. *Food Protection Trends*, e. 23, p. 654-663.

Gomes, M. Z. do V., 2011. Utilização de biosurfatantes no controle da adesão bacteriana e na remoção de biofilmes de patógenos alimentares em superfície de poliestireno. Dissertação para Mestrado em Ciências do instituto de Química de São Carlos.

Hori, K. and Matsumoto, S., 2010. Bacterial adhesion: From mechanism to control. *Biochemical Engineering Journal*, v. 48, p. 424-434.

Kitis, M., 2004. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environment International*, v. 30, n. 1, p. 47-55.

Mcdonnell, G. and Russell, A.D., 1999. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clinical Microbiology Reviews*, v.12, p.147-179.

Malheiro, J. and Simões, M., 2017. Antimicrobial resistance of biofilms in medical devices. *Biofilms and Implantable Medical Devices*, p. 97-113.

Poimenidou, S. V.; Chrysadakou, M.; Tzakoniati, A.; Bikouli, V. C.; Nychas, G-J. and Skandamis, P. N. , 2016. Variability of *Listeria monocytogenes* strains in biofilm formation on stainless and polystyrene materials and resistance to peracetic acid and quaternary ammonium compounds. *International Journal of Food Microbiology*, v. 237, p. 164-171.

Ronner, A.B. and Wong, A.C.L., 1993. Biofilm development and sanitizer inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella typhimurium* on stainless steel and Buna-n rubber. *Journal of Food Protection*, v. 56, n. 9, p. 750-758.

Rust, R.E. and Knipe, C.L., 2014. Processing Equipment/Brine Injectors. *Encyclopedia of Meat Sciences*, e. 2, p. 123-125.

Scheuerman, T.R.; Camper, A.K. and Hamilton, M.A., 1998. Effects of substratum topography on bacterial adhesion. *Journal of Colloid and Interface Science*, v. 208, p. 23-33.

Sousa, C. P de., 2006. Segurança Alimentar e doenças veiculadas por alimentos: utilização do grupo Coliformes como um dos indicadores de Qualidade de Alimentos. *Revista APS*, v.9, n.1, p. 83-88.

Souza, E.L.; Silva, C.A. and Sousa, C.P., 2005. Bacteriocins: molecules of fundamental impact on the microbial ecology and potential food biopreservatives. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 48, n. 4, p. 559-566.

Winkelstroter, L., 2012. Análise da expressão genica, formação de biofilme e adesão/invasão a célula Caco-2 por *Listeria monocytogenes* em diferentes condições encontradas no trato gastrintestinal, em alimentos e em presença de bacteriocinas. Universidade de São Paulo. Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto.

Whitehead K.A.; Colligon, J. and Verran, J., 2004. The production of surfaces of defined topography and chemistry for microbial retention studies using ion beam sputtering technology. *International Biodeterioration and Biodegradation*, v. 54, p. 143–151.

6. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

FILMES DE PANI/PSS CARACTERIZADAS POR ESPECTROSCOPIA NO ULTRAVIOLETA – VISÍVEL

Adriana Marcia Graboski
Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. e-mail: adigraboski@hotmail.com
Elisiane Galvagni
Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. e-mail: lisigalvagni@hotmail.com
Sandra Cristina Ballen
Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. e-mail: sandra-ballen@live.com
Alexandra Manzoli
Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. e-mail: alexxiamanzoli@gmail.com
Juliana Steffens
Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. e-mail: julisteffens@uricer.com.br
Clarice Steffens
Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. e-mail: clarices@uricer.com.br

Resumo. *Atualmente devido à grande demanda por sensores de diversos tipos em inúmeras aplicações, a fabricação de sensores poliméricos tem sido de grande interesse tecnológico e científico. Nesse contexto o objetivo deste trabalho foi a caracterização por espectroscopia de ultravioleta visível (UV-Vis) dos filmes de polianilina (Pani) obtida por síntese in situ e interfacial, depositados pela técnica de Layer by Layer (LbL). Para tanto primeiramente foi sintetizada a Pani (síntese in situ e interfacial), sendo as mesmas secas em dessecador à vácuo. Para a caracterização dos filmes por UV-Vis, realizou-se a construção dos filmes de Pani por deposição LbL para ambas as sínteses, sobre substrato de quartzo, até obtenção de 7 bicamada, sendo realizada a caracterização a cada bicamada formada. Pode-se observar uma dependência linear da absorbância com o número de bicamadas depositadas (R^2 = 0,996 para a síntese* in situ *e R^2 = 0,997 para a síntese interfacial), indicando que cada bicamada contribuiu de forma igual para a formação do filme final, a presença da Pani no estado dopado foi observada pelas bandas 227 nm (in situ), 274 nm (interfacial) e as bandas entre 400 e 500 nm em ambas as sínteses, indicando aplicabilidade do filme em sensores de gases.*

Palavras-chave: *Polianilina, In Situ, Interfacial, LbL, UV-Vis*

1. INTRODUÇÃO

Os polímeros condutores são uma classe de materiais com propriedades especiais que podem ser exploradas nas mais diversas aplicações. À medida que novas tecnologias vão sendo desenvolvidas, as propriedades que limitam o uso dos polímeros condutores são superadas e novas aplicações surgem a cada dia. (Medeiros *et al* ., 2012). Nesse contexto, vários dispositivos eletrônicos poliméricos têm sido fabricados inserindo-se uma camada ultrafina deste material em sensores e biossensores (Graboski *et al* ., 2017; Steffens *et al* ., 2009; Tiggemann *et al* ., 2016).

O desenvolvimento de sensores de gases que utilizam polímeros condutores como camada ativa vem sendo bastante utilizados, pois apresentam alta sensibilidade, baixo custo, boa reversibilidade dentre outras vantagens (Bai and Shi, 2007). Para que haja o controle das propriedades de respostas dos sensores, com respostas reprodutíveis e de boa qualidade, a obtenção de um filme polimérico uniforme com propriedades específicas e melhoradas motiva o desenvolvimento de novos métodos de sínteses, processamentos e deposições destes polímeros, para que assim permita-se a construção de dispositivos que demostrem respostas confiáveis (Steffens *et al* ., 2009; Tepper and Levit, 2000).

A polianilina (Pani) é um dos polímeros que vêm sendo amplamente estudado, pois apresenta facilidade de polimerização e dopagem, boa estabilidade química ambiental e baixo custo (Li *et al* ., 2013). A escolha da síntese e o estado de oxidação do polímero são fundamentais para que se obtenham bons sensores. As técnicas mais comumente utilizadas para a obtenção de filmes de Pani são: síntese *in situ*, a qual ocorre com o uso de uma solução aquosa de

anilina dissolvida em uma solução ácida forte gerando uma grande quantidade de polianilina dopada (Heeger, 2001), e a síntese interfacial, onde a polimerização oxidativa ocorre na interface de duas fases imiscíveis (entre um solvente orgânico e uma fase aquosa), sem a necessidade de agitação e pode ser realizada a temperatura ambiente. (Dallas and Georgakilas, 2015).

Várias técnicas de deposição de filmes podem ser utilizados, sendo que a deposição é responsável por transferir a dispersão ou material compósito no seu estado inicial líquido sobre um substrato desejado (Kanoun *et al* ., 2014). A técnica de deposição LbL vem sendo bastante utilizada devido à sua simplicidade e baixo custo experimental (Detsri and Dubas, 2013; Manzoli *et al* ., 2014), ela é capaz de produzir filmes ultrafinos, além de obter estruturas organizadas em nível nanométrico (Paterno *et al* ., 2001).

Os espectros de absorção obtidos por espectroscopia no ultravioleta visível (UV-Vis) são importantes para caracterizar a dopagem dos polímeros condutores, assim como para acompanhamento se a deposição do filme sobre o substrato está se realizando de maneira uniforme e linear (Manzoli *et al* ., 2014).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi a caracterização utilizando a técnica de UV-Vis do filme de Pani (*in situ* e interfacial) depositados por LbL.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Sínteses da Pani

Foram estudados dois métodos de síntese química da Pani: a polimerização *in situ* e a interfacial. Após a síntese, realizou-se a secagem da Pani (*in situ* e interfacial) para obtenção dos pós para posterior deposição utilizando o método LbL.

Na síntese *in situ*, resumidamente o monômero anilina, foi oxidado utilizando persulfato de amônio e uma solução de HCl (1M) foi utilizada como dopante. Para realização desta síntese duas soluções foram preparadas a Solução (A), onde 198 μL de anilina (Sigma Aldrich 99,5 %) destilada a vácuo, foram adicionados em 66 mL de HCl (1M) e a solução (B) foi prepaprada adicionando-se 0,498 g de persulfato de amônio (Sigma-Aldrich, 98 %) em 33 mL de HCl (1M), ambas as soluções (A e B) foram resfriadas até atingirem a temperatura de 0 °C. Posteriormente a solução (B) foi vertida sobre a solução solução (A), sob agitação magnética (Fisatom 752A), a 0 °C por 100 min. Decorrido este tempo a solução da síntese formada foi filtrada a vácuo (papel Filtro Milipore 25 μm) e lavada sequencialmente com metanol (Merck 99,5 %), acetona (Merck 99,5 %) e água Mili-Q em abundância. Esta sequência foi repetida até que a cor do filtrado ficasse transparente. O filtrado obtido foi seco em dessecador a vácuo, por 12 h em temperatura ambiente (25°C ± 2). O pó obtido foi armazenado em frasco âmbar para proteção da luz e degradação pela ação do oxigênio.

No método de síntese interfacial, a polimerização ocorre na interface de duas fases imiscíveis. A síntese foi realizada segundo metodologia descrita por Steffens *et al* . (2014), 228 μL do monômero anilina (Sigma Aldrich 99,5 %) foram adicionados a 25 mL de solvente orgânico diclorometano (Synth 99,5 %) (Solução A). Outra solução (solução B) foi preparada adicionando-se 0,5705 g de oxidante persulfato de amônio (Sigma Aldrich 99,75 %) em 25 mL de HCl (1M) (Merck 99 %). Posteriormente a solução oxidante (Solução B) foi adicionada à solução do monômero (Solução A) de forma a não ocorrer mistura de fases, o tempo de reação foi de 2 h, sendo que a reação ocorreu em frasco vedado da luz a 25 °C ± 2. O produto desta reação foi filtrado (papel Filtro Milipore 250 μm) e lavado com metanol (Merck 99,5 %) e água Mili-Q em abundância. O filtrado foi seco por 12 h em dessecador a vácuo, obtendo-se assim a Pani em forma de pó, o qual foi armazenado em frasco âmbar a temperatura ambiente (25 °C ± 2).

2.2 Deposição da Pani pelo uso da técnica de LbL

Para a elaboração do sensor de gás, deposição e formação do filme de Pani LbL utilizando os pós das sínteses *in situ* e interfacial, utilizou-se a técnica de LbL (Manzoli *et al* ., 2014; Raposo *et al* ., 1997). Primeiramente prepararam-se duas soluções uma policátion, contendo o 0,01 g de pó de Pani previamente sintetizada (*in* situ ou interfacial) e 10 mL de solução aquosa de HCl pH 3, e outra solução poliânion composta por Poli (estireno sulfonato de sódio) (PSS) solubilizado em solução de HCl pH 3 com concentração final de 5mg.mL-1. Para a formação do filme LbL seguiu-se os seguintes passos: i) Imersão do eletrodo na solução de policátion por 3 min; ii) Lavagem do eletrodo em solução aquosa de HCl, pH 3 com secagem em fluxo lento de nitrogênio; iii) Imersão do eletrodo em solução de poliânion por 3 min; iiii) Lavagem do eletrodo em solução aquosa de HCl, pH 3 com secagem em fluxo lento de nitrogênio; iiiii) Formação de uma bicamada sobre os eletrodo interdigitado; Este processo foi repetido sete vezes para a obtenção de 7 bicamadas sobre uma cubeta de quartzo, sendo que em cada bicamada era realizada a caracterização UV-Vis.

2.3 Caracterização por espectroscopia no ultravioleta – visível (UV-Vis) das bicamadas dos filmes de Pani/PSS

A investigação do crescimento do filme LbL da Pani/PSS (*in situ* e interfacial) foi feita por meio de medida de absorção no ultravioleta-visível do filme a cada bicamada depositada (Pani/PSS), acompanhando-se o crescimento da banda de absorção em 227 nm, para a síntese *in situ*, a qual é característica da ligação da Pani/PSS e a banda de

absorção em 274 nm para a síntese interfacial, característica de anéis aromáticos tanto da Pani como do PSS. Os espectros foram obtidos utilizando-se um espectrofotômetro de UV-Vis da Agilent, modelo 8453E e um substrato de quartzo onde foram depositados os filmes de Pani (Hopkins *et al* ., 1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento da formação das bicamadas dos filmes de Pani/PSS com a técnica de LbL foi realizado por meio da medida de absorção dos picos característicos no UV-Vis a cada bicamada depositada. Foram confeccionados filmes LbL de Pani/PSS tanto com o polímero obtido da síntese *in situ* como da síntese interfacial. A Figura 1 (a) e (b) mostra o espectro de absorção dos filmes de Pani/PSS a cada bicamada formada, até a formação de 7 bicamadas utilizando um comprimento de onda de 200 a 700 nm, sendo que se monitorou em especial o pico de absorção em 227 nm para a Pani *in situ* e, em 274 nm para a Pani interfacial. O pico de absorção em 227 nm é característico da ligação Pani/PSS (Ahamad *et al* ., 2014), não sendo observado este pico no espectro do filme de Pani interfacial, fato este que se deve provavelmente as diferenças na síntese da Pani, monitorou-se portanto o pico na banda de absorção 274 nm a qual é característica dos anéis aromáticos tanto da Pani como do PSS (Haba *et al* ., 1999; Hopkins *et al* ., 1996). Pode-se verificar também uma banda de absorção entre 400 nm e 500 nm, em ambos os espectros de absorção, referente à transição π-π* dos anéis benzênicos característicos da Pani (Li *et al* ., 2012).

Os picos de absorção para cada síntese (*in situ* e interfacial) foram diferentes, ou seja, houve um deslocamento das bandas, atribuídos aos diferentes graus de protonação do polímero, pelo modo como a Pani foi adsorvida no substrato ou devido algumas diferenças na conformação molecular.

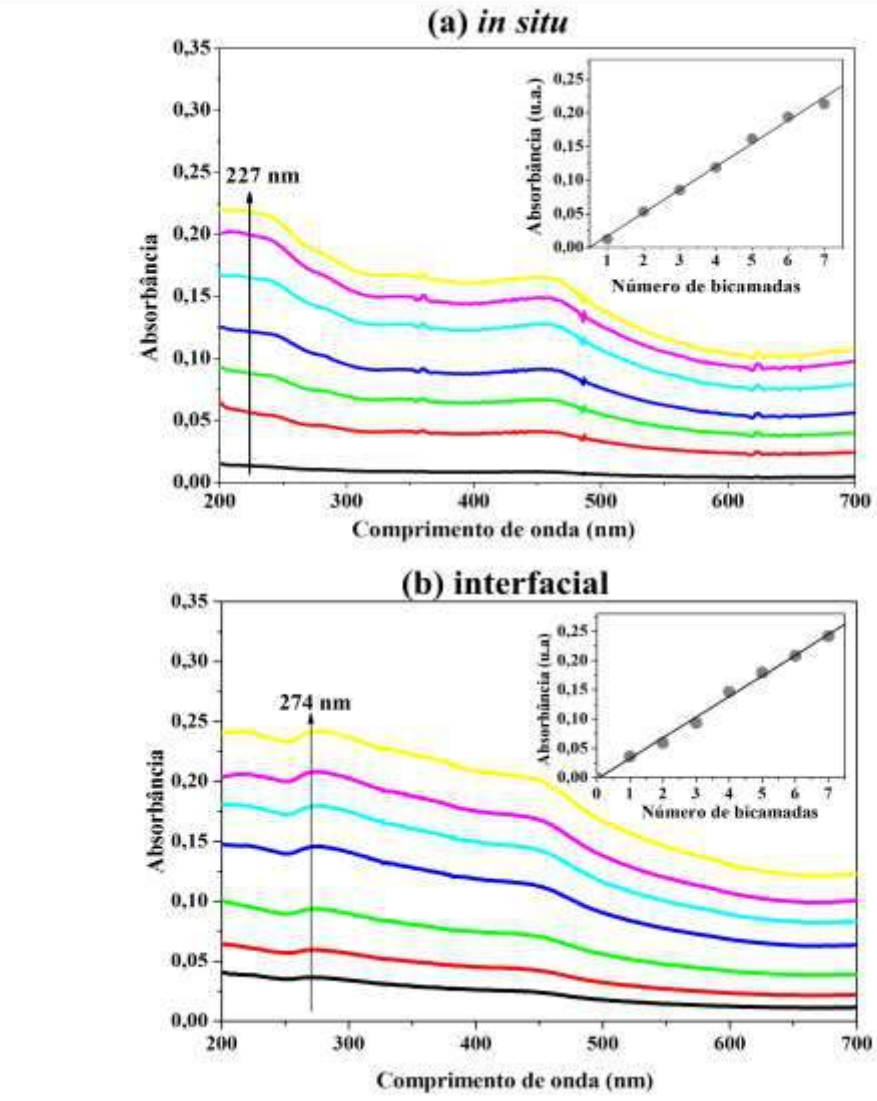


Figura 1: Espectros de absorção no UV-Vis do crescimento dos filmes LbL de Pani/PSS sobre o substrato de quartzo, sendo a Pani sintetizada pelas técnicas *in situ* (a) e interfacial (b). Os gráficos inseridos mostram a absorção (considerando o pico a 227 nm para a síntese da Pani *in situ* e o pico a 274 nm para a síntese interfacial) como uma função do número de bicamadas depositadas, mostrando a dependência linear.

Pode observar uma dependência linear da absorbância com o número de bicamadas depositadas ($R^2 = 0,996$ para a síntese *in situ* e $R^2 = 0,997$ para a síntese interfacial), indicando que cada bicamada depositada contribuiu com uma quantidade de material praticamente igual na formação do filme (Paterno and Mattoso, 2002).

Uma das condições fundamentais para o crescimento linear das bicamadas é a não neutralidade das cargas sendo que, neste estudo, esta condição foi garantida por meio do ajuste do pH para 3 das soluções poliméricas e da água de lavagem de cada camada (Rubner, 2003).

4. CONCLUSÕES

Os filmes de Pani caracterizados com a técnica de UV-Vis, confirmaram a deposição linear da Pani sobre os substratos de quartzo, indicando que cada bicamada depositada, contribuiu com uma quantidade de material praticamente igual na formação do filme final. Os picos de absorção em 227 nm, para o filme de Pani *in situ*, e o pico 274 nm para a Pani interfacial, assim como a banda de absorção entre 400 nm e 500 nm, em ambos os espectros de absorção, referente à transição π-π^* dos anéis benzênicos característicos da Pani dopada, confirmaram o estado condutor da Pani. Sendo assim o filme obtido torna-se promissor para aplicação em sensores de gases, os quais são empregados para detecção com o uso de nariz eletrônico.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPQ, FAPERGS, FINEP, EMBRAPA e a URI pelo apoio financeiro ao presente trabalho.

6. REFERÊNCIAS

Ahamad, N.U., Al-Amin, M., Ianoul, A., 2014. A Simple Approach to Engineer SERS Substrates and Plasmonic Thin Film. J. Nanoparticles 2014, p. 1–9.

Bai, H., Shi, G., 2007. Gas Sensors Based on Conducting Polymers. Sensors 7, p. 267–307.

Dallas, P., Georgakilas, V., 2015. Interfacial polymerization of conductive polymers : Generation of polymeric nanostructures in a 2-D space. Adv. Colloid Interface Sci. 224, p. 46–61.

Detsri, E., Dubas, S.T., 2013. Interfacial polymerization of polyaniline and its layer-by-layer assembly into polyelectrolytes multilayer thin-films. J. Appl. Polym. Sci. 128, p. 558–565.

Graboski, A.M., Ballen, S.C., Manzoli, A., Shimizu, F.M., Zakrzevski, C.A., Steffens, J., Steffens, C., 2017. Array of different polyaniline-based sensors for detection of volatile compounds in gummy candy. Food Anal. Methods.

Haba, Y., Segal, E., Narkis, M., Titelman, G.., Siegmann, A., 1999. Polymerization of aniline in the presence of DBSA in an aqueous dispersion. Synth. Met. 106, p. 59–66.

Heeger, A.J., 2001. Semiconducting and Metallic Polymers: The Fourth Generation of Polymeric Materials. J. Phys. Chem. B 105, p. 8475–8491.

Hopkins, A.R., Rasmussen, P.G., Basheer, R.A., 1996. Characterization of solution and solid state properties of undoped and doped polyanilines processed from hexafluoro-2-propanol. Macromolecules 29, p. 7838–7846.

Kanoun, O., Müller, C., Benchirouf, A., Sanli, A., Dinh, T., Al-Hamry, A., Bu, L., Gerlach, C., Bouhamed, A., 2014. Flexible carbon nanotube films for high performance strain sensors. Sensors 14, 10042–10071.

Li, L., Ferng, L., Wei, Y., Yang, C., Ji, H.-F., 2012. Effects of acidity on the size of polyaniline-poly(sodium 4-styrenesulfonate) composite particles and the stability of corresponding colloids in water. J. Colloid Interface Sci. 381, p. 11–16.

Li, Z.F., Blum, F.D., Bertino, M.F., Kim, C.S., 2013. Understanding the response of nanostructured polyaniline gas sensors. Sensors Actuators, B Chem. 183, p. 419–427.

Manzoli, A., Shimizu, F.M., Mercante, L. a., Paris, E.C., Oliveira, O.N., Correa, D.S., Mattoso, L.H.C., 2014. Layer-by-layer fabrication of AgCl–PANI hybrid nanocomposite films for electronic tongues. Phys. Chem. Chem. Phys. 16, p. 24275–24281.

Medeiros, E.S., Oliveira, J.E., Consolin-Filho, N., Paterno, L.G., Mattoso, L.H.C., 2012. Introdução aos Polímeros Condutores, In: *Uso de Polímeros Condutores em Sensores*. Brasília, p. 62–77.

Paterno, L.G., Mattoso, L.H.C., 2002. Influence of different dopants on the adsorption, morphology, and properties of self-assembled films of poly(o-ethoxyaniline). J. Appl. Polym. Sci. 83, p. 1309–1316.

Paterno, L.G., Mattoso, L.H.C., Oliveira Jr., O.N. de, 2001. Filmes poliméricos ultrafinos produzidos pela técnica de automontagem: preparação, propriedades e aplicações. Quim. Nova 24, p. 228–235.

Rubner, M.F., 2003. pH-controlled fabrication of polyelectrolyte multilayers: assembly and applications, In: *Multilayer Thin Films*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, FRG, p. 133–154.

Steffens, C., Manzoli, A., Francheschi, E., Corazza, M.L., Corazza, F.C., Oliveira, J.V., Herrmann, P.S.P., 2009. Low-cost sensors developed on paper by line patterning with graphite and polyaniline coating with supercritical CO2. Synth. Met. 159, p. 2329–2332.

Steffens, C., Manzoli, A., Oliveira, J.E., Leite, F.L., Correa, D.S., Herrmann, P.S.P., 2014. Bio-inspired sensor for insect pheromone analysis based on polyaniline functionalized AFM cantilever sensor. Sensors Actuators, B Chem. 191, p. 643–649.

Tepper, G., Levit, N., 2000. Polymer deposition from supercritical solutions for sensing applications. Ind. Eng. Chem. Res. 39, p. 4445–4449.

Tiggemann, L., Ballen, S., Bocalon, C., Graboski, A.M., Manzoli, A., de Paula Herrmann, P.S., Steffens, J., Valduga, E., Steffens, C., 2016. Low-cost gas sensors with polyaniline film for aroma detection. J. Food Eng. 180, p. 16–21.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

RESPOSTA DOS SENSORES DE GASES COM FILME DE PANI APLICADOS NA DETECÇÃO DE VOLÁTEIS DE BALA DE GOMA DURANTE A ARMAZENAMENTO

Adriana Marcia Graboski
Elisiane Galvagni
Sandra Cristina Ballen
Alexandra Manzoli
Claudio Augusto Zakrzevski
Juliana Steffens
Clarice Steffens
Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS.
adigraboski@hotmail.com,
lisigalvagni@hotmail.com,
sandra-ballen@live.com,
alexxiamanzoli@gmail.com,
caz@uri.com.br,
julisteffens@uricer.com.br,
clarices@uricer.com.br

Flavio Makoto Shimizu
Instituto de Física de São Carlos, IFSC, Universidade de São Paulo (USP), CEP: 13560970, São Carlos, SP. e-mail: flamakoto@yahoo.com.br

Resumo. *O mercado de balas vem crescendo cada vez mais no mundo inteiro. O monitoramento dos compostos voláteis destes alimentos se faz cada vez mais importante na indústria alimentícia uma vez que o aroma é um fator determinante na aceitação do produto pelo consumidor. Os sensores de gases com filme polimérico veem sendo utilizados na detecção destes compostos por serem de baixo custo e resposta rápida. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo a detecção de compostos voláteis de balas de goma aromatizadas artificialmente com aroma de morango armazenadas por um período de 1 e 20 dias, utilizando sensores de gases com filme de polianilina (Pani). Para tanto primeiramente confeccionou-se os eletrodos litografados de ouro com substrato de vidro onde sobre os mesmos realizou-se a síntese e deposição do filme de Pani utilizando a síntese in situ, sendo posteriormente aplicados na detecção de compostos voláteis de balas de goma de morango armazenadas por 1 e 20 dias. Os resultados demonstraram que os sensores de Pani conseguiram detectar os compostos voláteis liberados durante o armazenamento de 20 dias, demonstrando uma diminuição da resposta de tensão. Sendo assim estes sensores podem ser considerados promissores na detecção voláteis de matrizes alimentícias pela indústria.*

Palavras-chave: *Sensor de gás, Polianilina, Bala de goma*

1. INTRODUÇÃO

A formulação de uma bala, ou até mesmo qualquer outro produto alimentício deve ser bem estudado a fim de que as interações que ocorrem entre os ingredientes não afetem na liberação dos compostos odoríferos, nem mesmo em sua aceitação (Pizzoni *et al.*, 2015). Para o consumidor, a qualidade organoléptica é muito importante e muitas vezes decisiva no processo de compra (Plutowska e Wardencki, 2007).

A técnica tradicional utilizada para análise dos aromas é a análise sensorial, a qual é realizado por um grupo de pessoas devidamente treinado. Porém possui limitações por ser demorado, limitado a compostos que não sejam tóxicos e sofre imprevisibilidade devido a fatores humanos (variabilidade individual, fadiga e estados mentais variáveis) (Banerjee *et al.*, 2012). Análises instrumentais utilizando técnicas adequadas como a cromatografia gasosa também permitem uma análise qualitativa detalhada e análise quantitativa dos componentes voláteis que compõem os aromas dos produtos alimentícios, porém como os mesmos são uma complexa mistura de compostos estas técnicas

instrumentais acabam por dificultam a sua caracterização, além de serem demorados, de alto custo e consumo de energia elevado (Wyllie, 2008).

O emprego de sensores que sejam de baixo custo e que apresentem uma resposta rápida e confiável para a detecção de compostos voláteis presentes nos alimentos são cada vez mais estudados e utilizados, (Brattoli *et al.*, 2011). Uma grande variedade de sensores tem sido desenvolvidos usando polímeros condutores como camadas ativas em sensores de gases (Bai e Shi, 2007). Sendo que a polianilina (Pani) vem se destacando entre os polímeros condutores por sua facilidade de polimerização, mecanismos de condução elétrica estáveis, alta estabilidade química em condições ambiente, baixo custo e dopagem química reversível (FRATODDI *et al.*, 2015).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi a aplicação de sensores de gases com filme de Pani obtida por polimerização *in situ* na detecção de compostos voláteis de balas de goma aromatizadas com diferentes concentrações s de aroma de morango armazenadas por um período de 1 e 20 dias.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os eletrodos litografados de ouro foram confeccionados utilizando a técnica de fotolitografia, a qual consiste na transferência do padrão/desenho de uma máscara para um substrato através da exposição de polímeros sensíveis à luz, denominados fotoresiste. Os eletrodos obtidos possuíam uma área retangular de 25 mm por 5 mm, sendo a parte interdigitada destes eletrodos constituída por 6 dedos paralelos com 10 µm de largura, separadas por intervalos de 10 µm, formando assim 12 trilhas "Line Patterning" (Fig. 1), sendo confeccionados segundo a metodologia de (Dantas, 2009).

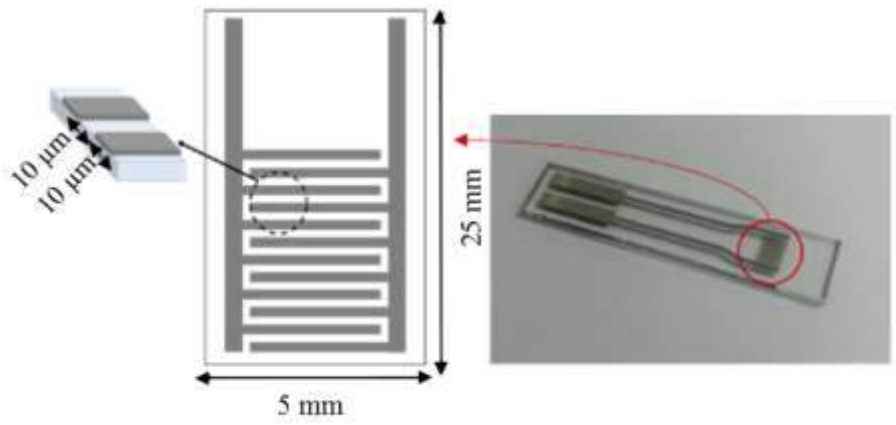


Figura 1: Representação esquemática do eletrodo litografado de ouro com substrato de vidro.

O filme de Pani foi elaborado sobre os eletrodos litografados de ouro utilizando a técnica convencional de síntese *in situ* (Steffens *et al.*, 2009), onde pprimeiramente preparou-se duas soluções: Solução monômero: contendo 198 µl de anilina (Sigma Aldrich 99,5 %) em 66 mL de ácido clorídrico (HCl) (1M) (Merck, 99 %) e Solução oxidante: contendo 0,498 g de persulfato de amônio (APS, Merck, 98%), em 33 mL de HCl (1M), ambas foram acondicionadas em banho de gelo até atingirem a temperatura de 0 °C, sendo que a síntese/dopagem foi iniciada adicionando-se a solução oxidante sobre a solução monômero dentro de um béquer contendo os eletrodos, sendo mantida a 0 °C por 100 min, iniciando-se assim o processo de síntese/dopagem e deposição do filme de Pani. Cessado o processo de síntese os sensores foram lavados com HCl (1M) em abundância para retirada do excesso da solução de síntese e acondicionados em dessecador a vácuo para posterior utilização.

As balas de goma utilizadas na detecção utilizando sensores de gases com filme de Pani *in situ*, foram confeccionadas utilizando gelatina em pó (Synth) hidratada em água destilada por ± 10 min, e aquecida em banho-maria até a completa dissolução, sacarose (Gasparin) adicionada sob agitação constante e aroma de uva (Duas Rodas) nas concentrações de 0 ppm, 2,5 ppm, 5 ppm, 7,5 ppm, 10 ppm (massa/volume), os quais foram adicionado após retirada das balas do banho-maria e atingida a temperatura de 45 °C. Após, as balas foram colocadas em moldes de policloreto de polivinila (PVC) em uma quantidade de ± 8 g para cada bala, permanecendo assim por 48 h até obterem formato e posteriormente embaladas em plástico filme de PVC sendo então armazenadas a temperatura e umidade ambiente (26 °C; 69 % (± 5) (Periche *et al*., 2014).

Para a detecção dos compostos voláteis das balas primeiramente a tensão foi ajustada a 45 mV pelo uso de um resistor variável para que todos os sensores iniciem o ciclo no mesmo valor da linha de base, independentemente da resistência inicial, medindo-se os valores de tensão a cada 5 s durante 5 min. Após, avaliou-se a resposta em tensão dos sensores de gases aos compostos voláteis das balas de goma aromatizadas artificialmente com aroma de morango, sendo

a bala inserida na câmara de amostragem e submetida à agitação mecânica a (Fisatom, modelo 714) 33 rpm para promover a melhor liberação dos compostos voláteis sendo a tensão coletada a cada 5 s durante 10 min. A temperatura e umidade relativa foi monitorada utilizando um sensor de temperatura e umidade (Sensirion Kit EK-H5, resolução SHT2x) durante todo o experimento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Fig. 2 apresenta a resposta dos sensores com filme de Pani utilizados na detecção da liberação dos compostos voláteis das balas de goma aromatizadas artificialmente com aroma de morango armazenadas por um tempo de 1 e 20 dias, sendo que a temperatura e umidade durante o experimento foram de 22 °C (± 3) e 76 % (± 4).

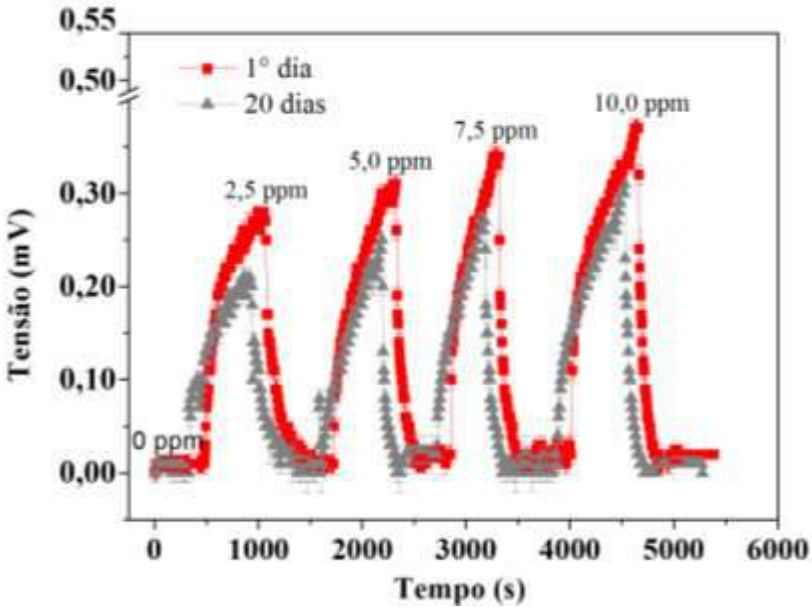


Figura 2. Resposta dos sensores de gases com filme de Pani in situ na detecção das diferentes concentrações de aroma de morango em balas de goma armazenadas por um período de 1 e 20 dias. Foi utilizado o valor médio da triplicada, (┬) desvio padrão positivo e (┴) desvio padrão negativo.

A redução da reposta do sensor frente as diferentes concentrações de compostos voláteis nas balas durante o tempo de armazenamento de 20 dias foram calculadas a fim de se obterem valores desta perda. Pode se verificar na Fig. 2 e pela Tabela 1, que com 20 dias de armazenamento houve uma diminuição de no mínimo 4 % na resposta dos sensores aos compostos voláteis dos aromas das balas de gomas.

Tabela 1: Valores das reduções da resposta elétrica dos sensores em relação aos compostos voláteis das balas de maçã, morango e uva.

Concentração	Aromas		
(ppm)	Maçã	Morango	Uva
0,00	0,00	0,00	0,00
2,50	14,29	25,00	26,09
5,00	11,76	19,35	16,00
7,50	19,51	20,59	18,52
10,00	23,40	16,22	13,33

A menor resposta dos sensores no vigésimo dia de armazenamento das balas pode estar relacionada a perda e/ou volatilização dos compostos voláteis da bala. Pizzoni *et al.* (2015), ao avaliarem a liberação de aroma artificial de morango na concentração de (0,30 %) adicionados às balas de goma com diferentes agentes geleificantes (pectina, goma arábica e gelatina) através de um sistema de nariz eletrônico, utilizando dois arranjos de sensores (cristal da micro balança de quartzo com camada sensora de porfirina e, cristal da micro balança de quartzo com peptídeos), verificaram que o nariz eletrônico foi capaz de detectar a liberação dos voláteis.

Sendo o sensor utilizado neste estudo, fabricado sobre substrato de vidro um substrato inorgânico, homogêneo, considerado de maior custo, porém com características importantes como: alta transparência, dureza, inalterabilidade,

resistência, baixa porosidade e absortividade estes podem ser considerados potenciais para uso em sistema de nariz eletrônico pelo ótimo resultado obtido (Bai e Shi, 2007; Smith e Hashemi, 2012; Cordeiro e Montel, 2015; Manzoli *et al*., 2015).

O monitoramento da liberação dos compostos em matrizes alimentícias é muito importante uma vez que a liberação destes voláteis nos alimentos é regida por fenômenos cinéticos, termodinâmicos, pelas propriedades intrínsecas da matriz alimentar, fatores extrínsecos (temperatura, pressão, umidade), bem como a própria interação com os demais constituintes do alimento (Piccone *et al*., 2011; Pizzoni *et al.*, 2015), sendo assim a detecção e monitoramento destes voláteis se faz importante tanto para avaliar a composição dos alimentos tanto quanto no processamento e armazenamento, assim como melhorar a aceitabilidade e formulação de novos produtos alimentícios.

4. CONCLUSÕES

Os sensores de gases com filme de Pani dopados com HCl, demonstraram ser capazes de identificar as concentrações do aroma artificial de morango quando empregados em uma matriz alimentícia (bala de goma), assim como sua perda durante o tempo de armazenamento, demonstrando forte potencial de aplicabilidade na indústria.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPQ, FAPERGS, FINEP, EMBRAPA e a URI pelo apoio financeiro ao presente trabalho.

6. REFERÊNCIAS

Bai, H., Shi, G., 2007. Gas Sensors Based on Conducting Polymers. *Sensors* 7, p. 267–307.

Banerjee, R., Tudu, B., Shaw, L., Jana, A., Bhattacharyya, N., Bandyopadhyay, R., 2012. Instrumental testing of tea by combining the responses of electronic nose and tongue. *J. Food Eng*. 110, p. 356–363.

Brattoli, M., de Gennaro, G., de Pinto, V., Loiotile, A.D., Lovascio, S., Penza, M., 2011. Odour detection methods: Olfactometry and chemical sensors. *Sensors* 11, p. 5290–5322.

Cordeiro, R. dos S., Montel, A.L.B., 2015. Estudo da viabilidade para a produção de concretos com adição de resíduos de vidro em substituição ao agregado miúdo na cidade de Palmas-TO. *DESAFIOS Rev. Interdiscip. da Univ. Fed. do Tocantins*, p. 105–122.

Dantas, C.A.R., 2009. Fabricação de microcanais para integração de uma "língua eletrônica" em um sistema lab-on-a-chip. Universidade Estadual Paulista – UNESP.

Fratoddi, I., Venditti, I., Cametti, C., Russo, M.V., 2015. Chemiresistive polyaniline-based gas sensors: A mini review. *Sensors Actuators B Chem*. 220, p. 534–548.

Manzoli, A., de Almeida, G.F.B., Filho, J.A., Mattoso, L.H.C., Riul, A., Mendonca, C.R., Correa, D.S., 2015. Femtosecond laser ablation of gold interdigitated electrodes for electronic tongues. *Opt. Laser Technol*. 69, p. 148–153.

Mattoso, L.H.C., 1996. Polyanilines: Synthesis, structure and properties. *Quim. Nova*.

Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A., Castelló, M.L., 2014. Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. *Food Biosci*. 7, p. 37–44.

Piccone, P., Rastelli, S.L., Pittia, P., 2011. Aroma release and sensory perception of fruit candies model systems. *Procedia Food Sci*. p. 1509-1515.

Pizzoni, D., Compagnone, D., Di Natale, C., D'Alessandro, N., Pittia, P., 2015. Evaluation of aroma release of gummy candies added with strawberry flavours by gas-chromatography/mass-spectrometry and gas sensors arrays. *J. Food Eng*. 167, p. 77–86.

Plutowska, B., Wardencki, W., 2007. Aromagrams - Aromatic profiles in the appreciation of food quality. *Food Chem.* 101, p. 845–872.

Smith, W.F., Hashemi, J., 2012. *Estrutura Cristalina e Amorfa nos Materiais*, in: Fundamentos de Engenharia E Ciência Dos Materiais. pp. 58–95.

Steffens, C., Manzoli, A., Francheschi, E., Corazza, M.L., Corazza, F.C., Oliveira, J.V., Herrmann, P.S.P., 2009. Low-cost sensors developed on paper by line patterning with graphite and polyaniline coating with supercritical CO_2. *Synth. Met*. 159, 2329–2332.

Wyllie, S.G., 2008. Flavour quality of fruit and vegetables: are we on the brink of major advances?, in: Fruit and Vegetable Flavour. *Elsevier*, pp. 3–10.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ELABORAÇÃO DE KEFIR COM ADIÇÃO DE SUBPRODUTO DE VINHO, ANÁLISE SENSORIAL E VIABILIDADE ECONÔMICA

Adrieli T. de Oliveira[1]*
César Tamaluski[1]
Emanuela Pegoraro[1]
Eliane Politowski[1]
Jaíne Bampi[1]
Geciane T. Backes[1]
Jamile Zeni[1]
Sérgio Mosele[1]
Eunice Valduga[1]
[1] Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), 99709-910, Erechim, RS, Brasil.
e-mail: adrieli_thays@hotmail.com; cesartamaluski@gmail.com; manupegoraro@hotmail.com; elianepolitowski@hotmail.com; jaine.bampi@hotmail.com; gtoniazzo@uricer.edu.br; jamilezeni@uricer.edu.br; veunice@uricer.edu.br

Resumo. *O kefir é um alimento consumido em diversos países e tornou-se popular devido à sua atividade probiótica, características sensoriais, propriedades nutricionais e terapêuticas. O objetivo do trabalho foi a formulação, análise sensorial e estudo da viabilidade econômica de kefir adoçado com stevia e enriquecido com diferentes concentrações de farinha de casca de uva. A avaliação sensorial foi realizada pelo método de aceitação, onde os julgadores não treinados atribuíram as notas baseando-se na escala hedônica de 9 pontos. Também realizou-se a intenção de compra através da escala hedônica de 5 pontos. Os resultados da avaliação sensorial foram submetidos ao teste de análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Verificou-se que as amostras não diferiram entre si tanto para a aceitação global do produto quanto para a intenção de compra. Contudo, é possível observar que a Formulação B (com 1,25g de farinha de casca de uva) obteve destaque com um nível de aceitação de 70,4%. A viabilidade para a fabricação do kefir em escala industrial é satisfatória, assim como a margem de lucro do produto de R$4,33 (104%) por 700 mL.*

Palavras-chave: *Kefir, análise sensorial, viabilidade econômica, subproduto de vinho.*

1. INTRODUÇÃO

A legislação brasileira (Brasil, 2007) define como kefir o produto cuja fermentação se realiza com cultivos acido-lácticos elaborados com grãos de Kefir, *Lactobacillus kefir*, espécies dos gêneros *Leuconostoc*, *Lactococcus* e *Acetobacter* com produção de ácido láctico, etanol e dióxido de carbono. Os grãos de Kefir são constituídos por leveduras fermentadoras de lactose (*Kluyveromyces marxianus*) e leveduras não fermentadoras de lactose (*Saccharomyces omnisporus* e *Saccharomyces cerevisae* e *Saccharomyces exiguus*), *Lactobacillus casei*, *Bifidobaterium* sp. e *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*.

Os benefícios nutricionais do kefir são o elevado teor de vitamina B1, B12, K, cálcio, aminoácidos essenciais, ácido fólico (Pietta e Palezi, 2015). O consumo regular de kefir auxilia na digestão e estimula a multiplicação de bactérias probióticas no intestino humano. Outros benefícios associados ao kefir são: propriedades antimicrobianas e atividade cicatrizante (Rodrigues *et al*., 2005), efeito antimutagênico e antioxidante (Liu *et al*., 2005), propriedades hipocolesterolêmicas, atividade β-galactosidase (Leite *et al*., 2013), propriedades anti-alérgicas, atividade anti-inflamatória e estimulação do sistema imunológico (Lee *et al*., 2007; Vinderola *et al*., 2006).

Stevia rebaudiana é bem conhecida pelo seu alto teor de diterpenos doces (cerca de 4-20% expressos base seca de folhas) (Ghanta *et al*., 2007). Entre as 230 espécies do género *Stevia*, somente a espécie *rebaudiana* e *phlebophylla* produzem glicosídeos de esteviol (Brandle e Telmer, 2007).

A indústria vinícola é uma das principais geradoras de resíduos vegetais, como bagaço, cascas, sementes, engaço e a borra do processo fermentativo, representando, em média, cerca de 30% do volume de uvas utilizadas para a produção de vinho (Makris *et al*., 2007). Os resíduos da uva que seriam descartados, provocando um problema ambiental, podem ter seu valor agregado, se utilizados para a obtenção de substâncias bioativas naturais.

Uma forma para o aproveitamento da casca da uva é transformá-la em farinha, facilitando assim sua incorporação em alimentos e mantendo sua fração antioxidante e as fibras (Lopes, 2013).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um kefir adoçado com stevia e enriquecido com diferentes concentrações de farinha de casca de uva.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim.

Para a fabricação do kefir foi utilizado leite UHT integral (Tirol), kefir em 20% o peso do leite, stevia (Linea), o fundo do vinho (borra) e a farinha da casca de uva, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Ingredientes utilizados na elaboração do kefir adoçado com stevia e enriquecido com diferentes concentrações de farinha de casca de uva.

Ingredientes	Formulação A	Formulação B	Formulação C
Leite (litros)	1,00	1,00	1,00
Stevia (g)	6,60	6,60	6,60
Fundo do vinho (g)	2,00	2,00	2,00
Farinha de casca de uva (g)	1,00	1,25	0,75

Fonte: Autores (2017).

2.1 Obtenção da Farinha de Casca de Uva

As cascas de uva foram obtidas após desengace da uva Cabernet Sauvignon utilizada para a elaboração de vinho tinto. As uvas foram obtidas no comércio local e o vinho tinto foi fabricado na URI-Erechim para realização de uma aula prática com os alunos da graduação do curso de Engenharia de Alimentos. Após esse processo, as cascas foram acondicionadas e mantidas sob congelamento até o momento do seu processamento.

Para a obtenção da farinha de casca de uva, as cascas foram colocadas em um liofilizador de bandeja (Edwards®), onde permaneceram durante 5 dias. Após esse período de tempo, o material liofilizado foi armazenado sob refrigeração.

2.2 Produção do Kefir

A produção do kefir foi baseada em Pietta e Palezi (2015), adicionou-se grãos de kefir (2% do peso do leite), à temperatura ambiente (25 ºC), a 1L de leite UHT. Os grãos de Kefir foram obtidos no comércio local.

A fermentação do leite durou 24 horas e após esse período filtram-se os grãos de kefir, para que pudessem ser novamente utilizados em outra fermentação. O filtrado obtido é designado como kefir (Terra, 2007). Após a obtenção do kefir elaborou-se 3 formulações com diferentes concentrações de casca de uva. Na formulação A adicionou-se 2g de borra de vinho, 1g de farinha de casca de uva e 6,6g de stevia. Para as formulações B e C adicionou-se a mesma quantidade de stevia e borra de vinho, e variou-se a quantidade de casca de uva 1,25 e 0,75g, respectivamente. A Figura 1 apresenta o fluxograma do processamento de produção de kefir.

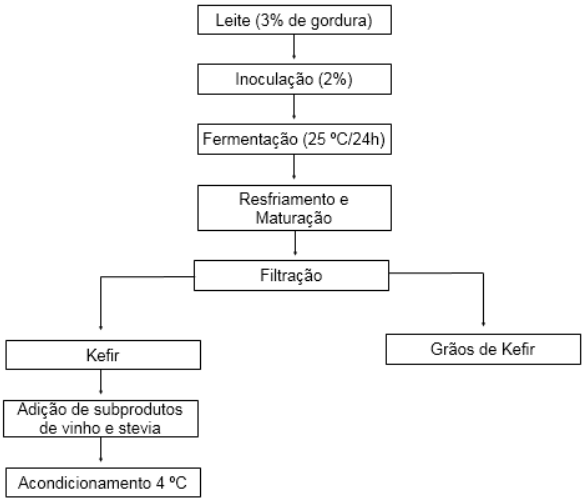


Figura 1. Fluxograma do processo de produção de Kefir.
Fonte: Autores (2017).

2.3 Análise Sensorial

Foram avaliadas três formulações de kefir com diferentes concentrações de farinha de casca de uva.

A quantificação da aceitação dos consumidores em relação as diferentes amostras de kefir foi realizada por meio da avaliação das características sensoriais utilizando o modelo do teste de aceitação e a intenção de compra do produto.

Os avaliadores atribuíram notas para as três formulações de kefir através da escala hedônica de 9 pontos, onde o valor 1 representava "desgostei muitíssimo" e 9 "gostei muitíssimo". A intenção de compra dos provadores sobre cada uma das amostras, realizada através de escala hedônica de 5 pontos, onde o valor 1 significava "certamente não compraria" e o valor 5 representava "certamente compraria" (Instituto Adolfo Lutz, 2005).

Para a análise foram convidados a participar do teste os alunos, os professores e os servidores da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim. O número total de participantes foi de 35 provadores não treinados. No momento da análise foi entregue uma ficha de avaliação onde o julgador avaliava a aceitação do produto. Juntamente com a ficha de avaliação foi entregue o termo de responsabilidade, em que o julgador concordava em avaliar o produto e expressar sua satisfação.

As amostras de kefir foram apresentadas de forma balanceada entre os provadores, de modo que as três amostras aparecessem o mesmo número de vezes em uma determinada posição.

O cálculo do índice de aceitação do produto foi feito utilizando-se a Equação 1.

$$\%A = \frac{IA}{9} * 100 \quad (1)$$

Os dados obtidos para aceitação e intenção de compra foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e ao teste de Tukey, a nível de significância de 5%.

2.4 Análise Econômica

Para estimar a viabilidade econômica baseou-se no preço dos ingredientes encontrados no mercado de Erechim-RS. Para o cálculo do valor do produto final para fins de custo de produção, considerou-se a margem de lucro de 40% atribuída aos ingredientes pelo mercado. A análise econômica baseou-se também no custo de aquisição de equipamentos e implementação de uma agroindústria (dados não mostrados).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Sensorial

Os valores médios encontrados para a aceitação sensorial estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados médios (n=35) da aceitação sensorial das amostras de kefir com diferentes concentrações de farinha de casca de uva.

Amostra	Pontuação Média*
Formulação A	6,20 [a]
Formulação B	6,34 [a]
Formulação C	6,09 [a]

*****Média seguida de letras iguais/colunas indicam não haver diferenças significativas à nível de 5% (Teste de *Tukey*).

As médias obtidas para as amostras relacionadas à escala hedônica (Tabela 2) as qualificaram como "gostei ligeiramente". Utilizando o teste de *Tukey*, ao nível de significância de 5% verificou-se que as amostras não diferiram estatisticamente entre si, o que indica que todas as formulações foram aceitas. Em termos industriais, é conveniente utilizar a formulação que gera menor custo, sendo essa a Formulação C (com 0,75g de farinha de casca de uva).

Em teste hedônico com escala de 9 pontos, Dalla Santa *et al.* (2006) verificaram que Kefir contendo 10% de polpa de morango e 10% de sacarose obteve nota média de 6,4 e com 12% de açúcar de 7,2. Também foram avaliadas amostras de Kefir com diferentes teores de polpa de ameixa e a aceitação situou-se entre 6 e 7, indicando que os provadores gostaram moderadamente da bebida Kefir.

Para o índice de aceitação (Figura 2), é possível observar que a Formulação B obteve destaque com um nível de aceitação de 70,4%, ao passo que as Formulações A e C apresentaram um nível de aceitação de 68,9 e 67,7%, respectivamente.

Segundo Wszolek *et al*. (2001), as características sensoriais de Kefir variam de acordo com a cultura utilizada, o teor de gordura e o período de estocagem do produto, sendo que a cultura influencia principalmente as características de cremosidade e viscosidade.

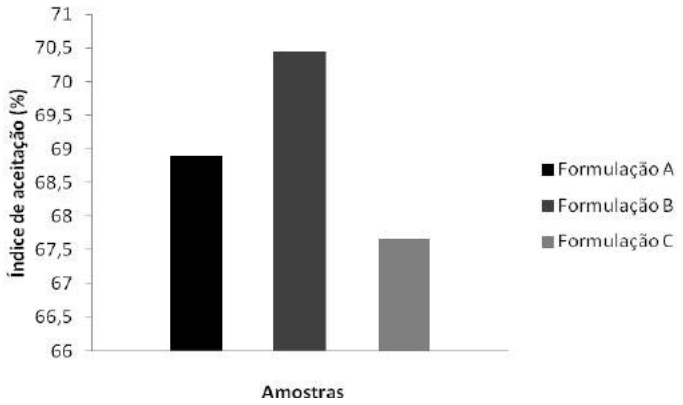


Figura 2. Índice de aceitação em porcentagem (n=35) das amostras de kefir com diferentes concentrações de farinha de casca de uva.

A Figura 3 ilustra a distribuição das notas da avaliação sensorial para a aceitação global do kefir, onde 28,6 e 34,3% dos julgadores atribuíram nota 6 (gostei ligeiramente) para a Formulação A e Formulação C, respectivamente, e ainda 28,6% atribuíram nota 7 (gostei moderadamente) para a Formulação A. Entretanto, 34,3% dos julgadores atribuíram nota 8 (gostei muito) para a Formulação B.

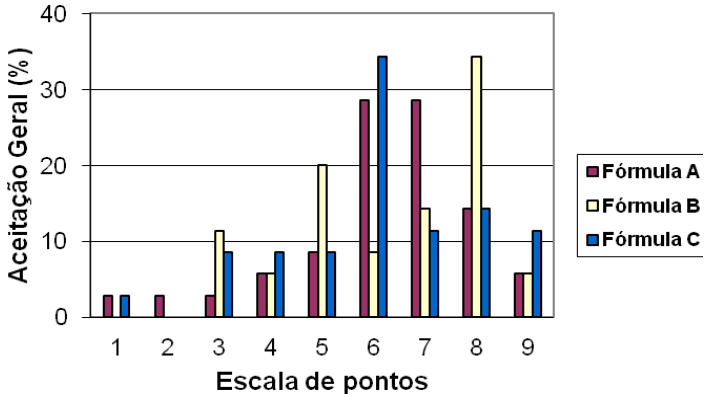


Figura 3. Histograma de frequência de notas para a aceitação global do kefir.

No quesito intenção de compra, as amostras não diferiram estatisticamente, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados médios (n=35) para a intenção de compra das amostras de kefir com diferentes concentrações de farinha de casca de uva.

Amostra	**Pontuação Média***
Formulação A	2,97 [a]
Formulação B	3,20 [a]
Formulação C	3,17 [a]

*****Média seguida de letras iguais/colunas indicam não haver diferenças significativas à nível de 5% (Teste de *Tukey*).

Os resultados obtidos para as amostras não as diferiram estatisticamente, sendo classificadas na escala de "talvez comprasse, talvez não comprasse". Isso não significa necessariamente que os julgadores rejeitaram as amostras em relação a compra, mas que o gosto conferido pelo kefir talvez não seja cotidiano para as pessoas que participaram da análise sensorial.

3.2 Análise Econômica

Os valores de custo dos ingredientes para a produção de kefir são apresentados na Tabela 4. Esses são os valores base para o cálculo do custo de 1 litro de produto.

Tabela 4. Valores de custo para a produção de kefir com diferentes concentrações de farinha de casca de uva.

Ingredientes	**Quantidade**	**Custo unitário (R$)**
Leite	1 L	1,38
Stevia	1 kg	59,00
Grão de Kefir	1 kg	16,00
Subprodutos de vinho	-	-
Embalagem antiga de vidro c/ tampa 256 mL	1	2,30
	Custo total:	**R$ 78,68**

Sendo o custo total de produção a soma do custo variável direto, custo variável indireto e custo fixo, o custo total de produção para a agroindústria é de R$4,17 para 700 mL de produto. O preço de venda praticado para o mercado seria de R$8,50 o que gera um lucro de R$4,33 (104%) para a empresa. Assim, o consumidor final compraria 700 mL do produto por R$17,15.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que a adição de subproduto de vinho ao kefir apresentou aceitação pelos julgadores. Utilizando o teste de *Tukey*, ao nível de significância de 5% verificou-se que as amostras não diferiram entre si tanto para a aceitação global do produto quanto para a intenção de compra.

O custo para a fabricação do kefir em escala industrial é satisfatório, assim como a margem de lucro do produto, por ser um produto inovador que promove benefícios para a saúde dos consumidores.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, o CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

BRANDLE, J.; TELMER, P. Steviol glycoside biosynthesis. *Phytochemistry*, 68, p. 1855–1863, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 46, de 23 de outubro de 2007. Adota o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados, anexo à presente Instrução Normativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 24 out. 2007. Seção 1, p.4.

DALLA SANTA, O. R; CARDOSO, F.; MOTA, G.; RIGO, M.; BASTOS, R. G.; DALLA SANTA, H. S. *Obtenção e avaliação sensorial de bebida láctea fermentada com grãos de Kefir*. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA, 18., 2006, Guarapuava. Guarapuava: Unicentro, 2006.

GHANTA, S.; BANERJEE, A.; PODDAR, A.; CHATTOPADHYAY, S. Oxidative DNA damage preventive activity and antioxidant potential of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni, a natural sweetener. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v. 55, p. 10962-10967, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos.* 4. ed. São Paulo: IMESP, 2005. 1. ed. digital.

MAKRIS, D.P.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-foodsolid waste extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*,San Diego, v.20, p.125-132, 2007.

LEE, M. Y.; AHN, K. S.; KWON, O. K.; KIM, M. J.; KIM, M. K.; LEE, I. Y.; OH, S. R.; LEE, H. K. Anti-inflammatory and anti-allergic effects of kefir in a mouse asthma model. *Immunobiology*, v. 212, p. 647-654, 2007.

LEITE, A.M.O.; LEITE, D.C.A.; DEL AGUILA, E.M.; ALVARES, T.S.; PEIXOTO, R.S.; MIGUEL, M.A.L.; SILVA, J.T.; PASCHOALIN, V.M.F. Microbiological and chemical characteristics of Brazilian kefir during fermentation and storage processes. *Journal of Dairy Science*, v.96, n. 7, p. 4149-4159, 2013.

LIU, J. R.; CHEN, M. J.; LIN, C. W. Antimutagenic and antioxidant properties of milk-kefir and soymilk-kefir. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 53, p. 2467-2474, 2005.

LOPES, L. D. *Desenvolvimento e avaliação de subprodutos de uva e sua utilização como ingrediente alimentício.* Dissertação (Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

PIETTA, G. M.; PALEZI, S. C. Desenvolvimento de um iogurte sabor mirtilo à base de kefir e com reduzido teor de lactose. *Unoesc & Ciência - ACET Joaçaba*, v. 6, n. 2, p. 163-174, jul./dez. 2015.

RODRIGUES, K. L.; CAPUTO, L. R. G.; CARVALHO, J. C. T.; EVANGELISTA, J.; SCHNEEDORF, J. M. Antimicrobianal and healing activity of kefir and kefiran extract. *International Journal of Antimicrobional Agents*, v. 25, p. 404-408, 2005.

TERRA, Fernando. *Teor de lactose em leites fermentados por grãos de kefir*. 62 p. Monografia (Especialização em Tecnologia de Alimentos)–Centro de Excelência em Turismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

WSZOLEK, M; TAMIME, A. Y.; MUIRS, D. D.; BARCLAY. M. N. I. Properties of Kefir made in Scotland and Poland using bovine, caprine and ovine milk with different starter cultures. *Lebensmittel wissenschaft und technologie - Food Science and Technology*, London, v. 34, n. 4, p. 251-261, 2001.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

EFEITO DA HIGIENIZAÇÃO PRÉVIA DE AGULHAS DE INJEÇÃO DE SALMOURA COM DETERGENTES ALCALINO E ÁCIDO NA REMOÇÃO DE BIOFILMES DE *LISTERIA MONOCYTOGENES* COM ÁCIDO PERACÉTICO

Emanuela Pegoraro
Kelli Fátima Tonkiel
Daniele Hamann
Ivana Karine Aver
Jamile Zeni
Natalia Paroul
Geciane Toniazzo
Rogério Luis Cansian
Departamento de Ciências Agrárias – URI/Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Erechim, 1621 – CEP: 99709-910 – Erechim – RS – Brasil, Telefone: (54) 3520 9000
manupegoraro@hotmail.com
kelliftonkiel@gmail.com
danielehamann@gmail.com
ivana@uricer.edu.br
jamilezeni@uricer.edu.br
nparoul@uricer.edu.br
gtoniazzo@uricer.edu.br
cansian@uricer.edu.br

Resumo. *A indústria não apenas se preocupa com a qualidade do seu processo, mas no que se refere a processos de limpeza e sanificação há uma grande preocupação, devido a formação de biofilmes microbianos nos equipamentos e superfícies da linha de produção. Para atingir este objetivo foram analisadas o processo de adesão bacteriana de* Listeria monocytogenes *em agulhas de injeção de salmoura em relação ao tempo de exposição ao agente contaminante e avaliado a eficácia de ácido peracético na remoção dos biofilmes formados em diferentes concentrações de uso, sob injeção na parte interna das agulhas, com e sem tratamento prévio com higienização com detergentes alcalino e ácido, determinando-se as concentrações bactericidas mínimas. O sanitizante ácido peracético apresentou concentração bactericida mínima de 0,25 e 0,125% para inativação de* L. monocytogenes *sob imersão e injeção na parte interna da agulha, respectivamente, quando usado sem higienização prévia das agulhas com detergentes. O tratamento prévio das agulhas pela higienização prévia com detergentes alcalino e ácido reduziu significativamente a concentração bactericida mínima (0,031%) indicando uma maior eficácia deste tratamento combinado.*

Palavras-chave: Listeria monocytogenes, *, detergente alcalino, detergente ácido, ácido peracético, biofilmes.*

1. INTRODUÇÃO

A indústria não apenas se preocupa com a qualidade do seu processo que venha garantir a segurança do produto. Mas no que se refere a processos de limpeza e sanificação há uma grande preocupação, devido a formação de biofilmes microbianos nos equipamentos e superfícies da linha de produção, permitindo que estes se multipliquem, cresçam e contaminem os alimentos com os quais entram em contato, aumentando a resistência dos mesmos a ação de sanitização (Flach, 2006).

Bactérias do gênero *Listeria* são bastonetes Gram-positivos, anaeróbicos facultativos, podendo crescer em temperaturas de 0 a 42 ºC. *Listeria monocytogenes* é patogênica transmitida por alimentos, seu crescimento é acentuado em valores de atividade de água (aw) maiores ou iguais a 0,97, podendo sobreviver em torno de valores a 0,83. Concentrações de sal de até 6,5% também permitem seu crescimento. A *L. monocytogenes* pode sobreviver ao processo de fabricação e maturação de produtos como por exemplo queijos e derivados cárneos. Possui capacidade de sobreviver em ampla faixa de temperatura, concentrações de sal como na salmoura e habilidade de se multiplicar no frio (Pieta, 2010).

Na indústria de alimentos, por conferirem um ambiente propício e a própria resistência microbiana à sanificação, os biofilmes representam uma importante fonte de contaminação cruzada. A seleção do método mais adequado de limpeza,

deve ser levado em consideração para melhorar os resultados. Se utiliza detergentes alcalinos, em superfícies ou circuitos que tenham resíduos orgânicos (gordura, óleos e proteína). Normalmente detergentes alcalinos são clorados, sendo eficazes em superfícies de difícil acesso. No entanto, pela sua corrosividade não se aplica em certos materiais, como por exemplo o alumínio. Os agentes de limpeza ácidos removem os materiais que estão secos ou incrustados nas superfícies e dissolvem os minerais. São produtos especialmente eficazes na remoção dos depósitos minerais formados pelos agentes de limpeza alcalina. A sanitização tem como objetivo de reduzir as contagens microbianas até níveis seguros de saúde pública. Para realizá-la são normalmente utilizados sanificantes químicos, cujos principais são a base de hipoclorito de sódio, ácido peracético, quaternário de amônio, álcool e clorexidina (Flach, 2015).

A injeção de salmoura consiste em adicionar, através de várias agulhas, salmoura diretamente nas fibras de tecido cárneo de diferentes produtos temperados. O bombeamento da salmoura e o movimento das agulhas injetoras, bem como o movimento da esteira de transporte e as demais variáveis do processo de injeção (vazão, pressão de injeção entre outros) são realizados por meio de controle por equipamento específico (Silva, 2010). Entretanto, devido a espessura e rugosidade das agulhas de injeção, estas tem sido identificadas como fonte de contaminação cruzada na linha de produção, devido a dificuldade de sanitização das mesmas.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a adesão e remoção de biofilmes microbianos em agulhas de injeção de salmoura frente a diferentes concentrações de ácido peracético. Para atingir este objetivo foram analisadas o processo de adesão bacteriana de *L. monocytogenes* em agulhas de injeção de salmoura em relação ao tempo de exposição ao agente contaminante e avaliado a eficácia de ácido peracético na remoção dos biofilmes formados em diferentes concentrações de uso, combinado com detergente alcalino e ácido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada uma cultura de *Listeria monocytogenes* (ATCC 7644), da biblioteca de cepas do laboratório de Biotecnologia da URI – Campus de Erechim, previamente crescida em caldo Luria Bertani - LB (10 $g.L^{-1}$ triptona; 5 $g.L^{-1}$ extrato de levedura; 5 $g.L^{-1}$ NaCl). Posteriormente, com crescimento de culturas microbianas, foi pego uma alçada da cultura criogênica e semeado por esgotamento em ágar LBA – Luria Bertani Agar (10 g. L^{-1} triptona; 5 $g.L^{-1}$ extrato de levedura; 10 $g.L^{-1}$ NaCl; 15 $g.L^{-1}$ ágar) e incubado a 35-37°C por 18-24 h. Decorrido o tempo, foi feito a suspensão das células, com uma alça estéril, foi transferido células contendo 3 mL de solução salina (NaCl 0,9%) até a quantidade suficiente de células para turvar a solução em equivalência com o tubo 0,5 da escala de McFarland. A equivalência representa aproximadamente 1,5 x 10^8 UFC/mL.

Em seguida foi preparado o inóculo inicial padronizado, transferindo 1mL da suspensão de células para um tubo contendo 9 mL de água peptonada 0,1 % (peptona 10.0 $g.L^{-1}$, fosfato de hidrogênio 9.0 $g.L^{-1}$, NaCl 5.0 $g.L^{-1}$, fosfato de potássio 1,5 $g.L^{-1}$) e efetuando três diluições em tubos com a mesma quantidade de água peptonada, esse foi o inóculo utilizado para o cultivo de biofilmes, equivalente a 5,0 x 10^5 UFC/mL. Para verificar o número de células do inoculo inicial padronizado, foi inoculado em placas de ágar PCA (5 $g.L^{-1}$ digestão enzimática da caseína; 2,5 $g.L^{-1}$ extrato de levedura; 1 $g.L^{-1}$ glicose/dextrose; 15 $g.L^{-1}$ ágar) semeado em duas gotas de 10µL, incubado a 35°C durante 24 horas. Para que a contagem das células inoculadas esteja no limite para dar continuidade no máximo de 5x10^6 UFC/mL.

Para a adesão bacteriana em agulhas de injeção de salmoura, as mesmas são primeiramente limpas, e imersas em um béquer contendo água destilada para a fervura por 15 minutos. Após a limpeza e sanitização as agulhas foram imersas com auxílio de uma pinça esterilizada, em tubos de ensaio, totalmente imersas em caldo LB (30 mL) com 0,1 mL do inóculo equivalente a 5,0 x 10^5 UFC/mL, incubadas em estufa 35-37°C por 24h. As análises foram realizadas em triplicata (cada tubo contendo 3 agulhas). Decorrido o tempo de incubação para formação do biofilme, foi feito o enxague, três lavagens e submetidas a agitação.

Para a sanitização, foram feitos tratamentos simulando a aplicação na indústria, usando seringas e injetando o detergente e o sanitizante na parte interna das agulhas. Industrialmente a higienização e sanitização é feita por bombeamento sob pressão dos detergentes e sanitizantes, sendo que as agulhas e o equipamento de injeção não ficam em submersão nos detergentes e sanitizante.

O tratamento prévio com o detergente alcalino (1,5% do produto comercial) e ácido (1,0% do produto comercial) foi feito pela injeção de 10 mL da solução com detergente alcalino (9 mL na parte interna da agulha e 1mL na parte externa) e exposição por 10 min. seguido de enxágue com água destilada estéril e injeção da solução de detergente ácido com o mesmo procedimento, em agulhas com biofilmes de *L. monocytogenes* previamente aderidas com contato por 24 h. Posteriormente, as agulhas foram lavadas com água destilada estéril e submetidas às diferentes concentrações de ácido peracético para determinação da concentração bactericida mínima (CBM).

Para o tratamento com o sanitizante ácido peracético (Pluron 461 A/1) efetuou-se a lavagem das agulhas com água destilada e, em seguida, as mesmas foram submetidas ao tratamento em diferentes concentrações (0,015625; 0,03125; 0,0625; 0,125; 0,25 e 0,5%) permanecendo em um tempo de 10 min de exposição. Decorrido o tempo, realizou-se a lavagem das agulhas, com o auxílio de uma pinça estéril segurou-se a agulha e injetou-se com a seringa estéril 9 mL de água peptonada 0,1 % mais tween 3 % na parte interna e 1mL na parte externa da agulha. Realizou-se o plaqueamento do líquido por profundidade 1mL em meio LBA e incubação por 24h em estufa 35-37 °C. Em seguida efetuou-se a

contagem das colônias, determinando-se como CBM a menor concentração de ácido peracético que foi capaz de matar todas as células de *L. monocytogenes* do biofilme, não havendo crescimento microbiano nas placas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificado a eficiência do sanitizante ácido peracético na inativação de células aderidas de *Listeria monocytogenes* nas agulhas em diferentes concentrações, sem tratamento das soluções de detergente encontrando-se o valor da Concentração Bactericida Mínima (CBM) de 0,25% (Tabela 1).

Tabela 1: Efeito das diferentes concentrações do sanitizante e valor da Concentração Bactericida Mínima sobre as células aderidas de *Listeria monocytogenes* nas agulhas, sem higienização prévia com os detergentes.

Concentração de ácido peracético (%)	Crescimento (UFC/agulha)
0,5	0
0,25	0
0,125	$1,5 \times 10^3$
0,062	$3,2 \times 10^4$
0,031	$4,6 \times 10^4$
0,015	$1,5 \times 10^5$
Controle	$2,5 \times 10^5$

Para verificar a eficiência dos detergentes no tratamento da células de *L. monocytogenes* aderidas na agulhas, foi feito o tratamento dos detergentes com as diferentes concentrações do ácido peracético (Tabela 2).

Tabela 2: Determinação da Concentração Bactericida Mínima das células aderidas de *Listeria monocytogenes* com diferentes concentrações de ácido peracético injetados no interior das agulhas, com higienização prévia com detergente alcalino e ácido.

Concentração de ácido peracético (%)	Crescimento (UFC/agulha)
0,5	0
0,25	0
0,125	0
0,062	0
0,031	0
0,015	$1,2 \times 10^4$
Controle	$2,5 \times 10^5$

Observa-se uma redução na Concentração Bactericida Mínima do ácido peracético para 0,031%, confirmando a contribuição do uso dos detergentes alcalino e ácido na higienização prévia à sanitização. Esta higienização alcalina e ácida é feita apenas uma vez por semana na maioria das plantas industriais que utilizam agulhas de injeção de salmoura, mas os resultados indicam que o uso diário poderia aumentar a segurança alimentar em relação a eliminação de focos de biofilme de *L. monocytogenes* ou servir como tratamento específico quando da ocorrência desta bactéria na planta industrial.

Na Tabela 3, pode-se verificar que o uso do sanitizante a diferentes concentrações, sem a combinação dos detergentes tem uma menor eficácia tendo uma redução CBM (0,125%).

Tabela 3: Diferentes concentrações do sanitizante combinado ao detergente alcalino ou ácido.

Concentração de Ácido Peracético (%)	Detergente Alcalino (Crescimento)	Detergente Ácido (Crescimento)
0,5	0	0
0,250	0	0
0,125	0	0
0,0625	$3,2 \times 10^4$	$3,5 \times 10^4$
0,031	$7,5 \times 10^4$	$8,5 \times 10^4$

A Figura 1 mostra o efeito comparativo dos tratamentos com e sem higienização prévia com os detergentes na determinação da CBM de ácido peracético.

Figura 1: Determinação da CBM de ácido peracético sobre biofilme de *L. monocytogenes* (24 horas de contato), com e sem higienização prévia com detergentes alcalino e ácido.

Esta alta eficácia foi provavelmente atribuída a higienização conjunta com detergente alcalino seguido de detergente ácido, os quais também tem ação bactericida. Além disso, a injeção de cada um dos detergentes e posteriormente do sanitizante possivelmente aumentaram o tempo de solvatação, facilitando a remoção do biofilme e consequente morte microbiana. Bremer et al. (2006), estudaram a eficácia da lavagem básica e ácida seguida de sanitizante na redução do número de bactérias viáveis ligadas às superfícies de aço inoxidável e observaram que a adição de um aditivo básico, melhorou a remoção do biofilmes formados em superfícies de aço inoxidável.

Na aplicação de detergentes para a higienização, deve-se considerar a hidrofobicidade do componente a ser eliminado. Muitos dos componentes das membranas biológicas são hidrofóbicos ou têm extensas superfícies hidrofóbicas. Os componentes lipídicos da parede bacteriana não são solúveis em água. Os detergentes são moléculas anfipáticas que, devido à sua estrutura química, formam micelas (estruturas globulares) com interiores hidrofóbicos e superfícies polares. Os componentes de membrana hidrofóbicos podem ser transferidos das membranas para as micelas de detergente (Yeagle, 2016).

4. CONCLUSÃO

O sanitizante ácido peracético apresentou concentração bactericida mínima de 0,25 e 0,125% para inativação de *Listeria monocytogenes* sob imersão e injeção na parte interna da agulha, respectivamente, quando usado sem higienização prévia das agulhas com detergentes.

O tratamento prévio das agulhas pela higienização prévia com detergentes alcalino e ácido reduziu significativamente a concentração bactericida mínima (0,031%) indicando uma maior eficácia deste tratamento combinado.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq, FAPERGS e URI pela concessão de bolsas e/ou apoio financeiro.

6. REFÊRENCIAS

Bremer, P.J.; Fillery, S.; Mcquillan, A.J., 2006. Laboratory scale Clean-In-Place (CIP) studies on the effectiveness of different caustic and acid wash steps on the removal of dairy biofilms. *International Journal of Food Microbiology*, v. 106, p. 254-262.

Flach, J., 2006. Formação de Biofilmes em Diferentes Materiais Utilizados na Indústria de Processamento de Leite. 2006. *Dissertação* (Mestrado em Microbiologia) – Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre.

Flach, J., 2015. Caracterização e Controle de Biofilmes Formados por Bactérias Psicrotróficas Isoladas de Resfriadores de Expansão para Leite. *Tese de Doutorado.* UFRGS, Porto Alegre.

Pieta, L., 2010. Investigação da presença de *Listeria* spp. e *Listeria monocytogenes* em equipamentos e utensílios de indústrias de laticínios. *Monografia* - Universidade do Rio Grande do Sul Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos Curso de Engenharia de alimentos, Porto Alegre.

Silva, J. H. da, 2010. Aspectos Tecnológicos Relacionados à Fabricação do Bacon. *Monografia*, UFRGS.

Yeagle, P.L., 2016. Chapter 4: *Detergents*. The Membranes of Cells, e. 3, pg. 73-84.

7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Autores são os únicos responsáveis pelo material impresso deste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PROCESSOS DE RADIAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS: UMA BREVE REVISÃO

Giulia Rodrigues Bareta
Greice Kelly Alves
Alice Teresa Valduga
Thiago André Weschenfelder
Paulo Sérgio Gomes da Rocha
Cilda P. Ghisleni
Clarice Steffens
Glênio L. Vasconcellos Rigoni
Geciane Toniazzo Backes
Alexander Junges
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, 99709-910.
giuliabareta@gmail.com
greice_kelly_alves@yahoo.com.br
valice@uricer.edu.br
thiago.weschenfelder@gmail.com
rocha@uricer.edu.br
pcilda@uricer.edu.br
clarices@uricer.edu.br
glenio.rigoni@uricer.edu.br
gtoniazzo@uricer.edu.br
junges@uricer.edu.br

Resumo. *O objetivo do presente trabalho foi realizar uma breve revisão sobre os processos conservação de alimentos pelo método de radiação, alertando para as vantagens e desvantagens do processo. O uso da tecnologia de irradiação é de grande interesse visto que ocorrem grandes perdas de alimentos constantemente como consequência da infestação, contaminação e decomposição desses produtos. Também há crescente preocupação com respeito às doenças transmitidas pelos alimentos e o aumento do comércio internacional de produtos alimentícios, sujeitos às rígidas normas de exportação em matéria de qualidade e de quarentena. Esta técnica é também utilizada como método de conservação, prolongando o armazenamento pelo atraso do amadurecimento e do brotamento de alguns produtos de origem vegetal, bem como pela redução da carga microbiana de produtos embalados ou não, sem perdas nutricionais e qualitativas. Porém, ainda são necessários estudos, pois dependendo da dose aplicada, pode provocar escurecimento, amaciamento, desenvolvimento de depressões superficiais e amadurecimento anormal em frutas e hortaliças. O processo de irradiação consiste em submeter o produto a uma quantidade minuciosamente controlada de radiação ionizante, por um tempo pré-fixado e com objetivos bem determinados.*

Palavras-chave: *Irradiação, Métodos de radiação, Micro-organismos, Legislação .*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de conservar alimentos para evitar perdas significativas, sempre foi um problema desde os primórdios das civilizações, seja por problemas de transporte, até seu armazenamento. Além dessas perdas, soma-se também problemas causados por micro-organismos, que podem alterar diversas características dos alimentos.

O emprego de radiação ionizante na conservação de alimentos foi patenteado nos Estados Unidos em 1929. No entanto, só nos últimos 30-40 anos é que os cientistas de muitos países começaram, realmente, a dar maior atenção a esse método (Franco e Landgraf, 2008).

Em doses e condições adequadas, quase todos alimentos podem ser irradiados, desde grãos, até alimentos com conteúdo proteico alto (derivados do leite e carnes, frutas e verduras frescas). Após a irradiação, esses alimentos dispensam maiores cuidados, podendo assim, estocá-los para evitar uma reinfestação (Bernardes, 1996). Desta forma, há um aumento na segurança dos alimentos e uma diminuição nas perdas causadas por deterioração.

O uso de irradiação como método de preservação de alimentos é eficaz e aconselhável, de acordo com diversas evidencias científicas. Grupos internacionais de cientistas estudaram este processo extensivamente, concluindo então,

que a irradiação com doses recomendadas não são prejudiciais. Assim, nenhum resíduo de radioatividade permanece no alimento após o processo, como também, nenhum efeito adverso é observado em pontos nutricionais (Pelczar *et al*., 1997). Para Hobbs e Roberts (1992) existem poucas desvantagens no que diz respeito à radiação, entre elas se cita, a continuidade da atividade enzimática durante a estocagem e alterações químicas como o ranço em alimentos predispostos. Jay (2005) alerta para a necessidade de se fazer um tratamento térmico prévio à radiação, para destruir as enzimas.

Os objetivos da radiação são então: atuar sobre os micro-organismos de igual modo que os processos de pasteurização, apertização e esterilização; deter a brotação inconveniente de vegetais; retardar o ciclo de maturação de frutas; destruir, em vegetais, insetos infestantes; dilatar o tempo de vida de prateleira dos produtos; facilitar o armazenamento de produtos estocados em baixas temperaturas; produzir maiores qualidades organolépticas de alimentos, por exaltação de sua cor e sabor; etc. (Evangelista, 2002).

O processo de irradiação compreende a exposição de alimentos, pré-embalados ou sem embalagem, a um predeterminado nível de radiação de ionização de acordo com o tipo de produto alimentar que se pretende tratar, sejam estes produtos derivados de plantas, como vegetais, frutas e cereais ou até derivados de animais, como carne ou peixe (Casp e Abril, 1998). Essa tecnologia é reconhecida por alguns pesquisadores como um método seguro e econômico, contribuindo para uma maior aceitação e aplicação dessa técnica nos alimentos em todo o mundo, principalmente nos frutos frescos, cuja exportação muitas vezes é limitada devido às exigências impostas relacionadas à segurança fitossanitária (Marin-Huachaca *et al*., 2002, Neto, 1997, Pczczola, 1992).

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi decorrer sobre os processos conservação de alimentos pelo método de radiação, alertando para as vantagens e desvantagens do processo.

2. DESENVOLVIMENTO

A radiação ionizante é aquela com energia suficiente para arrancar um elétron de seu orbital, a qual pode-se destacar o Raio-X (fonte artificial), e os raios gama (fonte natural). A radioatividade emitida por uma fonte natural ocorre quando há a desintegração de um elemento (Okuno e Yoshimura, 2010). A irradiação de alimentos consiste na exposição de um dado material, de origem vegetal e/ou animal, à radiação ionizante, proveniente tanto de uma máquina de feixes de elétrons como de fontes radioativas. Apenas as fontes de ^{60}CO e ^{137}Cs são consideradas para uso comercial, devido à produção de raios gama de energias adequadas, disponibilidade e custo, sendo que a fonte de ^{60}CO é a que tem maior aceitação por apresentar-se na forma metálica e ser insolúvel em água, proporcionando assim maior segurança ambiental (Ehlermann, 1990; Food Irradiation, 1996). O´Beirne (1989) descreve que, no processo de irradiação de alimentos, apenas os raios gama entram em contato com o alimento, sem qualquer risco de contaminação radioativa. As doses de radiação são quantificadas em termos de energia absorvida pelo produto irradiado. A dose de 1 Kilogray (kGy) corresponde à absorção de 1 Kilojoule por quilograma de produto irradiado. As doses normalmente aplicadas aos alimentos situam-se entre 0,1 a 7,0 kGy (Neves *et al*., 2002)

O uso da radiação gama como tecnologia de conservação de alimentos está basicamente ligado a três fatores: tipo de alimento a ser irradiado, dose a ser aplicada e tempo de exposição do alimento à fonte irradiadora (Vieites, 1998), assim como a fatores mais intrínsecos: tipo do tecido, porção da célula exposta ao processo, volume nuclear, idade das células irradiadas, conteúdo de água presente nas células e a fatores bióticos, como temperatura, luminosidade e umidade relativa do ar (Grossman e Craig, 1982) antes e, principalmente, durante e depois do processo de irradiação

Os materiais usados para o método tem origem de substâncias radioativas, produtoras de raios e de aparelhos aceleradores de elétrons. Essas fontes podem ser radioativas ou mecânicas. As fontes radioativas procedem principalmente o cobalto 60, césio 137 e barras de combustíveis empregados em reatores nucleares. Podem perder sua atividade por degeneração ou diminuição de sua força. As fontes mecânicas são emtidas através de aparelhos aceleradores de elétrons. Estes aparelhos, aceleradores de partículas, obedecem diversos tipos, linear, transformador de ressonância, Van de Graff, capacitron, Sames, Cockergt, cosmotron, cicloton, etc (Evangelista, 2002).

Alimentos Irradiados

Os alimentos irradiados, segundo Evangelista (2002), se particularizam por serem conservados através de radiações ionizantes, assim, adquirem diferentes características, por sua procedência, condições físicas, químicas, as doses e o tempo de sua exposição aos raios. A radiação constitui um excelente meio de conservação de alimentos, sem modificações acentuadas de suas qualidades.

Henri Becquerel, em 1896, abriu as portas para o processo, com suas pesquisas sobre fosforescência de certos campos, notou a presença de radiação invisível, emanada de raios de urânio – foi descoberta a radioatividade.

Em 1980, o Comitê de Especialistas em Salubridade de Alimentos Irradiados da FAO, IAEA e WHO concluíram após demorados estudos que "a irradiação de alimentos com dose média de 10 kGy não apresentam risco toxicológico nem problemas nutricionais ou microbiológicos para os consumidores". Assim, a Comissão do *Codex Alimentarius* adotou um limite no standard geral para alimentos, essa decisão fez que a utilização das radiações fossem usadas para a

desinfestação e conservação de alimentos. Nos EUA a dose máxima permitida para especiarias e vegetais desidratados é 30 kGy, e no Brasil é de 10 kGy (Kuntz e Strasser, 2016; Bernardes, 1996).

Dependendo do número e do tipo de micro-organismos e da composição química do produto, a dose de radiação acima de 20 kGy é necessária para se ter a "esterilidade" comercial, com contagem total de células viáveis menor que 10^5 por grama. Para especiarias e ervas naturais, a dose varia de 3 a 10 kGy para reduzir essa contagem em níveis satisfatórios (Bernardes, 1996).

Em trabalhos da literatura é citado que para um grande número de especiarias que modificações perceptíveis no sabor só ocorrem com doses de radiação acima de 10 kGy. Radiações de 3 a 10 kGy são consideradas boas para a pasteurização, não influenciando em propriedades sensoriais das especiarias (Farkas, 1988; Farkas, 1992; Eiss, 1984). Também verifica-se que com a aplicação de doses de radapertização, o sabor de algumas especiarias não sofre mudanças (Eiss, 1986).

Alguns cuidados são indispensáveis para os alimentos antes e depois da radiação. Os produtos devem ser selecionados cumprindo suas condições de normalidade organolépticas, seu estado de sanidade; vegetais para fins de industrialização devem ser colhidos no seu período exato de maturação; bom estado de frescor e qualidade, deve ser evitado aqueles com deterioração incipiente. Para reduzir a flora microrgânica deve ser realizada uma limpeza para remoção de partes menos nobres e extirpação de partículas de sujidades, assim, diminuindo o número de micro-organismos presentes. Por não terem as doses esterilizantes e ação destrutiva sobre as enzimas, necessitam receber tratamento térmico prévio, para inativá-las, como por exemplo, o branqueamento. É necessário destruí-las antes do processo, pois poderão ser responsáveis pela deterioração posterior do alimento. Posterior à radiação, a proteção necessária se refere às condições de envasamento e armazenamento dos produtos. Deve-se proteger o alimento da contaminação pós-processamento (Evangelista, 2002; Franco e Landgraf, 2008).

Com a quantidade de energia absorvida pelo alimento irradiado, ela é menor absorvida quando aquecido o alimento. Com isso, as modificações químicas causadas pelas radiações são menores que as causadas pelo aquecimento. Enquanto componentes individuais como aminoácidos, vitaminas e açúcares são afetados significativamente em soluções aquosas diluídas, são menos susceptíveis a modificações quando irradiados na matriz do alimento (Basson *et al.*, 1983; Den Drijver *et al.*, 1986).

A Fig. 1 apresenta o espectro eletromagnético, o qual contém as várias radiações separadas com base em seus comprimentos de onda. Interessam à conservação de alimentos as radiações com comprimento de onda mais curtos por serem as mais nocivas a micro-organismos (Franco e Landgraf, 2008).

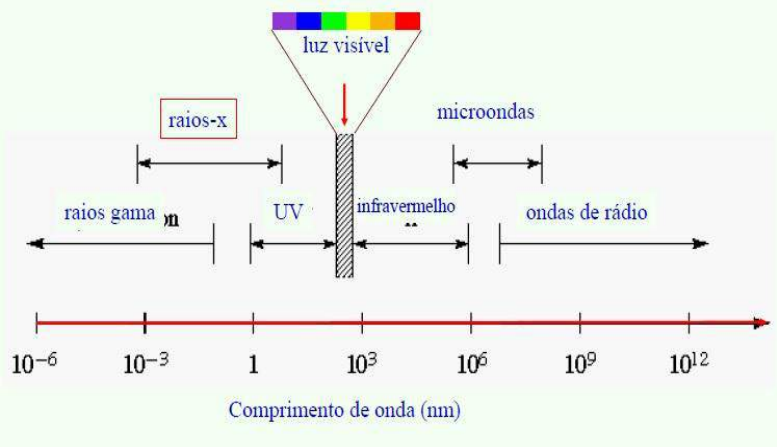


Figura 1 – Representação esquemática de um espectro eletromagnético.

Fonte: Atkins e Jones, 2001.

Vantagens da Conservação de Alimentos por Irradiação

O processo de irradiação de alimentos oferece muitas vantagens para a conservação de alimentos (Tresina *et al.*, 2017; Chitarra, 1999):

- O processo, por ser a frio, permite a irradiação de produtos resfriados e congelados;
- Os raios gama tem alto poder de penetração, assim se pode tratar grande quantidade e variedade de alimentos, sem manipulação durante o processo;
- Promovem aumento considerável na vida útil de frutas secas, vegetais e carnes;
- Substitui o tratamento químico;
- Alimentos em embalagens termossensíveis podem ser tratados, já que a irradiação não aumenta a temperatura nem do alimento nem da embalagem;
- Ocorre a diminuição do tempo de cozimento de alguns alimentos, principalmente os desidratados;
- Ovos, larvas de insetos e vermes internos aos alimentos são atingidos pela irradiação sem prejuízos ao alimento.

Desvantagens da Conservação de Alimentos por Irradiação

O método de conservação de alimentos empregando irradiação apresenta baixo custo operacional, porém o investimento para construir uma planta de irradiação é elevado. Outros pontos negativos também podem ser citados, tais como os que envolvem a possibilidade de alimentos, antes impróprios para consumo, poderem ser ingeridos após o tratamento com irradiação destruir a microbiota presente. Caso essa energia atinja somente os deteriorantes, os patogênicos ainda trarão malefícios quando esses produtos forem consumidos. E mesmo sua destruição não garante a inexistência das toxinas produzidas por estes micro-organismos, nem que alguns poucos sobreviventes sofram mutações, tornando-se mais resistentes (Fellows, 2006). Após a irradiação, alterações indesejáveis podem ocorrer em certos alimentos irradiados, provocando alterações organoléticas e odores desagradáveis (Jay, 2005).

A irradiação pode afetar a estrutura de alguns alimentos pela quebra de moléculas grandes, tais como a celulose e carboidratos. A celulose, como é o principal constituinte das paredes celulares das plantas, ao ser rompida, em algumas frutas e legumes tornam-se moles e perdem a sua textura característica quando são irradiadas. A irradiação aplicada a alimentos com altos teores de gorduras pode gerar radicais livres que oxidam, levando à sua rancidez e à degradação dos alimentos (Roberts, 2014).

Leis e Decretos para a Irradiação de Alimentos

No Brasil, existem duas legislações no que diz respeito à radiação de alimentos: o Decreto nº 72.718, de 29 de agosto de 1973 que estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos, e a Resolução RDV nº 21, de 26 de janeiro de 2001 que aprovou o regulamento técnico para irradiação de alimentos (Mantilla *et al.,* 2010).

De acordo com Brasil (1973), poderão ser utilizados nos alimentos, radiações ionizantes, em que a energia seja menor ao limiar das reações nucleares que poderiam gerar radioatividade no alimento. A irradiação de alimentos para venda, ou industrialização apenas poderá ser efetuada por estabelecimentos licenciados por autoridades competentes e com autorização da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

O Código Geral para Alimentos Irradiados recomenda que os alimentos irradiados, embalados ou não, antes de sua comercialização, possuam uma declaração clara no documento de transporte, fornecendo as informações a respeito da irradiação, identificando a instalação que o alimento foi irradiado, as datas de processamento e o lote para a adequada identificação (Swallow, 1990; IAEA-TECDOC-639, 1992).

Uma das recomendações internacionais sugeridas pela FAO, IAEA e pela Comissão do *Codex Alimentarius* é de que as embalagens dos alimentos que sofreram processo de irradiação para comercialização indiquem, num rótulo próximo ao nome do alimento, o tratamento submetido, o irradiador, a data, a dose, assim como outros detalhes do tratamento (IAEA-TECDOC-391, 1986). Estas informações devem constar no painel principal: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO", com as letras de tamanho não inferior a um terço (1/3) da letra de maior tamanho nos dizeres de rotulagem. Também em produtos com ingredientes irradiados, deve-se declarar esse fator na lista de ingredientes, entre parênteses, após o nome do mesmo (Brasil, 2001).

Processos de Radiação Comumente Empregados

RADAPERTIZAÇÃO: aplicação nos alimentos de doses de radiação suficientes para reduzir o número ou atividade dos organismos viáveis, para que possam ser detectados poucos nos microrganismos dos alimentos tratados. O intervalo de dose utilizado é de aproximadamente 10 a 50 kGy, usada em dietas para animais de laboratório "*germ free*", nutrição de doentes em tratamento imunodepressor e em ambientes estéreis, e uso em viagens espaciais (IAEA-TECDOC-114, 1982).

RADICIAÇÃO: se trata o alimento com uma dose de radiação ionizante suficiente para reduzir o número de bactérias patogênicas não formadoras de colônias a um nível não detectável por qualquer método. O intervalo da dose é de 0,1 a 10 kGy, os alimentos usados nessa aplicação são especiarias, alimentos desidratados ou liofilizados, quanto menor o conteúdo hídrico, maior sua tolerância à radiação (IAEA-TECDOC-104, 1970).

RADURIZAÇÃO: aplicada no alimento de uma dose de radiação ionizante onde se diminui a carga microbiana para aumentar a conservação evitando assim a decomposição. O intervalo da dose é de 0,4 a 10 kGy, o processo é usado em frutas, verduras frescas, pescado, carnes, frangos e camarões (IAEA-TECDOC-178, 1977).

3. CONCLUSÃO

A irradiação apresenta vantagens e desvantagens, assim como qualquer outro método empregado na conservação de alimentos. AoeEscolher esse processo leva-se em consideração a eficácia quanto à destruição de micro-organismos, as pequenas alterações nas propriedades organolépticas do produto, visto que a dosagem comercial não altera significativamente a qualidade sensorial do produto final e ainda oferece um produto seguro e próprio para consumo.

A "irradiação" dos alimentos é um processo de conservação de alimentos que apresenta vantagens e limitações como qualquer outro processo

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERGS e URI pelo apoio financeiro.

5. REFERÊNCIAS

Atkins, P.; Jones, L. 2001, *Princípios de Química: questionando a vida moderna***.** Bookman. 914 p.

Basson, R.A.; Beyers, M.; Ehlermann, D. A. E.; Van Der Linde, H. J., 1983. "*Chemiclearence approach to evaluation safety of irradiated fruits"*. In: Récents Advances in Food Irradiation (eds. P. S. Ellas and A. J. Cohen) pp. 59-77.

Bernardes, D. M. L., 1996. "*Avaliação de Métodos de Identificação de Especiarias e Vegetais Desidratados Submetidos à Radiação Gama"*. Tese de Doutorado. 103 p.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Decreto nº 72718, de 29 de agosto de 1973.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001.

Casp, A. e Abril, J. 1998, *Procesos de Conservación de Alimentos.* 13ª Edição. *Mundi-Prensa*. ISBN 84-7114-810-2

Chitarra, M.I.F. e Chitarra, A.B. 1999, *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras. 293p.

Den Drijver, L; Holzapfel, C. W.; Van Der Linde, H. J., 1986, "High performance liquid chromatography determination of D-ara-bino-hexo-2-ulose (D-glucose) in irradiated sugar solutions: Application the method to irradiated mango*"***.** *J. Agric. Food Chem.*, v. 34, p. 758-762.

Ehlermann, D.A.E. 1990, *Food irradiation*. In: Spiess, W.E.L.; Schubert, H. "*Engineering and food: preservation processes and related techniques"*. London: Elsevier Applies Science. v. 2, p.760-773.

Eiss, M. I., 1984, "*Irradiation of spices and herbs*". *Food Technol. Aust*., v.36, p.362.

Eiss, M. J., 1986, "*Current problems and future outlook for trade in irradiated spices"*.

Evangelista, Jose, 2002, *Alimentos: um estudo abrangente*. Editora: Atheneu. 450 p.

Farkas, J. 1998, *Food Microbiol*., v. 44, p.189-204.

Farkas, J., 1992, *Radiation treatment of spices*. Prehrambeno-technol. Biotech, v.30, n. 4, p. 159-163.

Fellows, P. J. 2006 *Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática*. Porto Alegre: Artmed. 602p.

Food Irradiation. 1996, *A Guidebook: agricultural service division.* 2 ed., Rome Italy: FAO, Technomic Publishing. 232p

Franco, B. G.M. e Landgraf, M. 2006, *Microbiologia dos Alimentos*. São Paulo. Atheneu. 182 p.

Grossmann, H. H. e Craig, R. 1982, "*The effect of gamma irradiation of seeds on germination and plant morphology of Pelargonium X Hortorum L. H. Bailey". Journal of American Society Horticultural Sciences*, Alexandria, vol. 1, n.107, p.72-75.

Hobbs, B. C. e Roberts, D. 1992, "*Toxinfecções e Controle Higiênico-Sanitário de Alimentos"*. São Paulo: Varela, 1992. cap. 3, pt. 1, p. 25-47.

International Atomic Energy Agency. 1992, *Irradiation of spices, herbs and, other vegetable seasonings. A compilation of technical data for its authorization and control.* Vienna, (IAEA-TECDOC-639). 84 p.

International Atomic Energy Agency. *Manual for food irradiation dosimetry*. Vienna, (IAEA-TECDOC-178).

International Atomic Energy Agency. 1970, *Microbiological specifications and testing methods for irradiated food.* Vienna, (IAEA-TECDOC-104).

International Atomic Energy Agency. 1986, *Trade promotion of irradiated food.* Vienna, October , (IAEA-TECDOC-391).

International Atomic Energy Agency. 1982, *Training manual on food irradiation technology and techniques*. 2 ed. Vienna, (IAEA-TECDOC-114).

Jay, J. M. 2005, *Microbiologia de alimentos.* 6 ed. Porto Alegre: Artmed. 711 p.

Kuntz, F., Strasser, A. 2016. "The specifics of dosimetry for food irradiation applications". *Radiation Physics and Chemistry*, v. 129, p. 46–49.

Mantilla, S.P.S., Santos, E.B., Vital, H.C., Mano, S.B. e Franco, R.M. 2010, "*Atmosfera Modificada e Irradiação: Métodos Combinados de Conservação e Inocuidade Alimentar*". n 15.

Marin-Huachaca, N. S. et al. 2002, "*Detection of irradiated fresh fruits treated by e-beam or gamma rays". Radiation Physics and Chemistry*, Oxford, vol. 63, n. 3-6, p. 419-422.

Neto, J. P. L. 1997, *Brasil Nuclear*, Rio de Janeiro, n. 15, p. 4-5.

Neves L.C.; Manzione, R.L. e Vieites, R.L.; 2002, "Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina (*Prunus persica* var. nucipersica) frigoconservada*". Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal* - SP, v. 24, n. 3, p. 676-679, Dezembro.

O´Beirne, D. 1989, "*Irradiation of fruits and vegetables: applications and issues"*. *Professional Horticulture*, Oxford, vol.3, p.12-19.

Okuno, E. e Yoshimura, E. *Física das radiações*. Editora: Oficina de Textos, São Paulo, 2010.

Pczczola, D. E. 1992, "Irradiated produce reaches Midwest market*"*. *Food Technology*, Champaign, v. 45, n. 5, p. 89-92.

Pelczar J.R.; Michael J.; Chan., E.C.S.; Krieg, Noel R.; Edwards, Diane D.; Pelczar e Merna F. 1997, *Microbiologia: conceitos e aplicações.* 2.ed.. São Paulo: Makron Books do Brasil, vol. 2.

Roberts, P. B. 2014. "Food irradiation is safe: Half a century of studies". *Radiation Physics and Chemistry,* v.105 p. 78–82

Swallow, A. J., 1990, "*Need and role of identification of irradiated food*. *Radiat"*. *Phys*. 35; 311-316, p 89.

Tresinaa, P. S.; Paulpriyaa, K.; Mohana, V. R.; Jeeva. S., 2017. "Effect of gamma irradiation on the nutritional and antinutritional qualities of Vigna aconitifolia (Jacq.) Marechal: An underutilized food legume". *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. vol.10, p. 30–37.

Vieites, R.L. 1998, "*Conservação pós-colheita do tomate através do uso da radiação gama, cera e saco de polietileno, armazenados em condi- ções de refrigeração e ambiente"*. 131f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

6. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE HIDRÓLISE E ESTERIFICAÇÃO DA ENZIMA NS-40116 LIVRE E IMOBILIZADA PELA TÉCNICA SOL-GEL

Tuany Camila Honaiser
Glaciela Cristina Rodrigues Da Silva Scherer
Débora De Oliveira
José Vladimir de Oliveira
Marcelo Luis Mignoni
Natália Paroul
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
tuany.honaiser@ifsc.edu.br, glaciela.cristina@yahoo.com.br, debora.oliveira@ufsc.br, jose.vladimir@ufsc.br, mignoni@uricer.edu.br, nparoul@uricer.edu.br

Resumo. *O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de hidrólise e a capacidade de esterificação da lipase NS-40116 de Thermomyces lanuginosus, em matriz hidrofóbica obtida pela técnica de sol-gel. O tetraetilortosilicato foi empregado como precursor da sílica, e o hidróxido de amônio (NH4OH) como catalisador da formação sol-gel. Para avaliação da síntese do éster butirato de citronelila a enzima livre e o imobilizado foram aplicadas em uma mistura reacional de citronelol com ácido butírico, razão molar 1:3 (ácido/álcool) e temperatura de 40 ºC e 60 °C por 24 horas. A quantificação de produção de butirato de citronelila foi realizada por cromatografia gasosa. A atividade hidrolítica foi quantificada pelo método de hidrólise do azeite de oliva com a lipase em sua forma livre e imobilizada, durante 20 min. a 37°C. Verificou-se que a lipase NS-40116 apresenta capacidade de esterificação, tanto em sua forma livre quanto imobilizada, entretanto a imobilização não melhorou a atividade da enzima. Observou-se ainda que a enzima apresenta capacidade de hidrólise, tanto em sua forma livre quanto imobilizada, sendo que o imobilizado apresentou atividade hidrolítica cinco vezes maior que a enzima livre.*

Palavras-chave: *lipase, éster, atividade, reacional.*

1. INTRODUÇÃO

As lipases são enzimas que catalisam hidrólise de gorduras e óleos, liberando ácidos graxos, diacilgliceróis, monoacilgliceróis e glicerol. Atuam também em reações de esterificação e interesterificação entre outras, e são altamente seletivas, sendo biocatalisadores aplicáveis à produção de diversos produtos (Zanette *et al*., 2014). As lipases destacam-se entre as principais enzimas usadas em biocatálise, pois apresentam capacidade de catalisar reações tanto em meio aquoso como em meio orgânico, onde o teor de água é limitado. Além disso, o elevado potencial de aplicação das lipases é justificado pela sua capacidade de utilização de uma ampla gama de substratos, sua estabilidade frente à temperatura, pH e solventes orgânicos e sua quimio, regio e enantiosseletividade (Kapoor e Gupta, 2012).

A enzima microbiana lipase NS-40116 é proveniente do microrganismo *Thermomyces lanuginosus*, apesar de ser uma lipase originária de um microrganismo termófilo, a temperatura ótima para a atividade enzimática situa-se entre 30 e 40 ºC, podendo apresentar uma atividade ainda significativa até 60 °C (Fernandes *et al*., 2004; Neves Petersen *et al*., 2001; Ribeiro *et al*., 2011).

As aplicações acima podem ser limitadas por alguns fatores, como: instabilidade enzimática, dificuldade de recuperação e reuso da enzima. Para contornar estes problemas, diferentes estratégias têm sido estudadas, como por exemplo, desenvolvimento de materiais e técnicas para imobilização enzimática (Freitas, 2006). Enzimas imobilizadas são definidas como biocatalisadores que estão contidos ou localizados em um micro ambiente e que ainda mantém suas propriedades catalíticas, sendo, portanto, a imobilização, um método utilizado para a manutenção da estabilidade das enzimas, tornando-as mais atrativas para a indústria (Moreno-Pirajan e Giraldo, 2011).

O principal interesse em imobilizar uma enzima é obter um biocatalisador com atividade e estabilidade que não sejam afetadas durante o processo, em comparação à sua forma livre. A imobilização pode inibir ou aumentar a atividade e estabilidade da enzima, porém não existe uma regra que prediga a manutenção destes parâmetros após o processo de imobilização (Gandhi *et al*., 1995). O método de sol-gel é atualmente o meio mais amplamente utilizado e atraiu uma considerável atenção em áreas como biotecnologia, medicina, farmacêutica, catálise, nutrição e ecologia

(Kato *et al*., 2011). A técnica sol-gel é bastante vantajosa pois preserva a atividade enzimática e evita a sua lixiviação (Alfaya e Kubota, 2002).

O objetivo deste trabalho foi testar a capacidade de hidrólise de lipídios e esterificação de aromas da lipase NS-40116 livre e imobilizada.

2. METODOLOGIA

Para imobilização da enzima a metodologia empregada foi adaptada da descrita por Soares et al. (2006). Inicialmente, 5 mL de TEOS foram dissolvidos em 5 mL de etanol absoluto. Após a dissolução, adicionou-se 1,61 mL de água destilada e três gotas do catalisador hidróxido de amônio, em uma proporção molar de água e TEOS de 4:1.

Posteriormente, o sistema reacional foi submetido a uma etapa de agitação, em agitador orbital (shaker), a 40 °C, 180 rpm, por um período de 90 minutos. Passado este período, fez-se a adição de 1 mL da solução enzimática (160 $mg.mL^{-1}$).

Em seguida, o sistema reacional foi mantido em condições estáticas por 24 horas para completar a condensação química. Após este tempo, o suporte foi acondicionado em dessecador a vácuo por mais 24 horas para completa secagem e evaporação da água. Posteriormente o imobilizado foi peneirado, de modo a padronizar a granulometria.

A fim de avaliar a eficiência da lipase comercial NS-40116 na forma livre e imobilizada para a produção de butirato de citronelila (aroma de ameixa), preparou-se uma mistura reacional de citronelol com ácido butírico, nas condições fixas de 10 (% m/m substratos) de enzima imobilizada, 2 (% m/m substratos) de enzima livre que correspondeu a uma concentração igual a 0,2g de enzima em ambos os casos, razão molar 1:3 (ácido/álcool) e temperatura de 40 ºC e 60 °C por 24 horas.

A quantificação de produção de butirato de citronelila foi realizada por cromatografia gasosa em equipamento Shimadzu GC-2010 equipado com processador de dados. As análises foram realizadas utilizando coluna capilar de sílica fundida INOWAX (30 m x 250 µm d.i.), 0,25 µm de espessura de filme, detector FID, com a seguinte programação de temperatura: 40-180 ºC (3 ºC/min), 180-230 ºC (20 ºC/min), 230 ºC (20 min), temperatura do injetor 250 ºC, detector a 275 ºC, modo de injeção split, razão de split 1:100, gás de arraste H_2 (56 kPa), volume injetado 0,4 µL de amostra diluída em n-hexano (1:10). A determinação da conversão das reações foi feita acompanhando a redução da área do sinal do agente limitante.

A capacidade hidrolítica foi determinada conforme metodologia modificada por Soares et al. (1999). O substrato foi preparado pela adição de 18 g de azeite de oliva, 9 g de goma arábica a 5% (p/v) e 180 mL de solução tampão fosfato de sódio (0,1 M, pH 7,0) em homogeneizador portátil. Em frascos Erlenmeyer de 125 mL foram adicionados: 18 mL de substrato e 0,1 g de enzima livre que correspondeu a uma concentração igual a 0,5g de enzima imobilizada. Os frascos foram incubados a 37 °C por 20 minutos a 160 rpm em shaker. Após o período de incubação, a reação foi finalizada pela adição de 20 mL de uma mistura de acetona e etanol (1:1). O conteúdo de ácidos graxos foi determinado por titulação, até pH 11, com NaOH 0,05 M (Alonso-Morales *et al*., 2008; Liu e Chang, 2008). Paralelamente, foram feitos ensaios de branco utilizando apenas a emulsão e a solução de acetona-etanol, sem adição de lipase. A definição da atividade hidrolítica da lipase (livre e imobilizada) foi feita de acordo com a Eq. 1.

$$AH = \frac{(Va - Vb) * M * 1000}{t * m} \quad (1)$$

Onde:
AH = atividade hidrolítica (U / mL ou U / g);
Va = volume de NaOH gasto na titulação da amostra (mL);
Vb = volume do NaOH gasto na titulação do branco (mL);
M = concentração da solução de NaOH (M);
m = massa de enzima (gramas);
t = tempo de reação (minutos).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos durante o trabalho de imobilização e aplicação da lipase NS-40116 serão apresentados abaixo.

3.1 Determinação da conversão de éster

Para testar o potencial catalítico da lipase NS-40116, foi realizada a reação de esterificação usando como substratos o ácido butírico e citronelol, para produção de butirato de citronelila que possui como principais características odor forte de rosa, frutal e gosto doce de ameixa. Pode ser empregado em bebidas não alcoólicas (3,8

ppm), sorvetes (11 ppm), doces (13 ppm), gelatinas e pudins (3,1 a 4,2 ppm) e gomas de mascar (2,3 ppm). Além disso, está presente nos aromas naturais de abacaxi e de ameixa (Fenaroli, 1971; Melo, 2004).

Os resultados das conversões são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Conversões de butirato de citronelila através da lipase NS-40116 livre e imobilizada.

NS-40116	% Conversão	
	40°C/24h	60°C/24h
Livre	33,6	38,8
Imobilizado	21,7	31,6

A lipase NS-40116 em sua forma livre não apresentou diferença de conversão nas diferentes temperaturas (33,6%/40°C; 38,8%/60°C), já o imobilizado apresentou uma diferença de 10% de conversão com o aumento da temperatura. A temperatura apresenta um dos principais papeis em sistema reacional, em função de aumento das colisões entre substratos e biocatalisador (Shinde, *et al.,* 2015).

Não se pode afirmar que esta é a conversão máxima, haja visto que não foi realizado teste com mais de 24 h de reação.

De acordo com Dalla-Vecchia, *et al*., (2004) a imobilização pode inibir ou aumentar a atividade e estabilidade da enzima, porém não existe uma regra que prediga a manutenção destes parâmetros após o processo de imobilização. De acordo com a Tabela 1, neste caso a imobilização reduziu a atividade enzimática.

Quanto o excesso de ácido, segundo Castro, *et al*., (1997) com exceção do ácido acético, o tamanho da cadeia influencia de maneira pouco significativa no rendimento de esterificação. Ácidos de cadeias alifáticas contendo quatro ou mais carbonos, são considerados excelentes doadores do grupo acila. Que é o caso do ácido butírico, aqui utilizado, que apresenta quatro carbonos.

Mendes, *et al*., (2013) imobilizaram lipase de *Thermomyces lanuginosus* em quitosana-alginato por diferentes protocolos, e obtiveram de 42,9 a 57,4% de conversão de Butirato de butila, após 24h de reação a 37°C.

3.2 Determinação de potencial de hidrólise

A fim de avaliar o potencial de hidrólise da lipase NS-40116, a enzima foi aplicada em sua forma livre e imobilizada, para reação com azeite de oliva e goma arábica. Os resultados obtidos podem ser verificados na Tabela 2.

Tabela 2. Atividade de hidrólise da enzima NS-40116 livre e imobilizada em meio básico.

NS-40116	Atividade de hidrólise (U/g)
Livre	6,80 ±1,57
Imobilizado Básico	32,33±1,08

Através da Tabela 2 observa-se que a lipase NS-40116 apresenta potencial de hidrólise de lipídios, tanto na sua forma livre como imobilizada. Entretanto o imobilizado apresentou atividade hidrolítica cinco vezes maior que a enzima livre.

Santos (2016) obteve o valor de 3,29 U/mL de atividade hidrolítica para a lipase NS-40116 livre, ao avaliar a liberação do p-nitrofenol por espectrofotômetro.

Bezerra, *et al*., (2016) imobilizaram lipase de *Thermomyces lanuginosus* em nanopartículas superparamagnéticas (NPM) de ferro (Fe_3O_4) e avaliaram a atividade hidrolítica a partir da hidrólise do ρ-Nitrofenilbutirato (ρNPB), por espectrofotômetro, e observaram que a lipase imobilizada em NPM com polietilenimina ramificada teve atividade hidrolítica 7 vezes maior quando ligada ao suporte por troca iônica (195,5 U/g) do que quando imobilizada por ligações covalentes (27,8 U/g). Já no caso das NPM com γ-aminopropiltrietoxissilano, ambos os derivados apresentaram valores de atividade próximos a 140 U/g de suporte.

4. CONCLUSÃO

Foi possível concluir que a lipase NS-40116 apresenta capacidade de esterificação, tanto em sua forma livre quanto imobilizada, entretanto a imobilização reduziu a atividade da enzima neste quesito. Observou-se ainda que a enzima apresenta capacidade de hidrólise, tanto em sua forma livre quanto imobilizada, sendo que a imobilização aumentou a capacidade hidrolítica da enzima.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI – Erechim pela realização da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

Alfaya, A.; Kubota, L. T. A. 2002. "Utilização de materiais obtidos pelo processo de sol-gel na construção de biossensores*." Química Nova*, v. 25, p. 935-841.

Alonso-Morales, N. et al. 2008. "Reversible immobilization of glutaryl acylase on sepabeads coated with polyethyleneimine." *Biotechnology Progress*, v. 20, n. 1, p. 533-536.

Bezerra, R. M. et al. 2016. "Imobilização de lipase de T*hermomyces lanuginosus* (TLL) em nanopartículas superparamagnéticas: efeito da modificação da superfície do suporte**."** In: *XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química – Anais do XXI COBEQ*, Fortaleza - CE.

Castro, H. F.; Oliveira, P. C.; Soares, C. M. F. 1997. "Síntese de ésteres terpenóides por via enzimática: influência do tamanho da cadeia alifática do ácido graxo e da estrutura do álcool de terpeno". *Ciência e Tecnologia Alimentar*, v. 17, n. 3.

Dalla-Vecchia, R.; Nascimento, M. G.; Soldi, V. 2004. "Aplicações sintéticas de lipases imobilizadas em polímeros." *Química Nova*, v. 27, n. 4, p. 623-630.

Fenaroli, G. 1971. "*Fenaroli's handbook of flavor ingredients*". Handbook Editors. The Chemical Rubber Co. Cleveland. 803 p.

Fernandes, M. L. M. et al. 2004. "Hydrolysis and synthesis reactions catalysed by Thermomyces lanuginose lipase in the AOT/Isooctane reversed micellar system." *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v. 30, n. 1, p. 43-49.

Freitas, L. de. 2006. *Seleção de rota enzimática para produção de monoglicerídios empregando lipase imobilizada em matriz obtida pela técnica sol-gel*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo.

Gandhi, N. N. et al. 1995. *Enzyme Microbial Technology*, v. 17, n. 373.

Kapoor, M; Gupta, M. N. 2012. "Obtaining monoglycerides by esterification of glycerol with palmitic acid using some high activity preparations of Candida antarctica lipase B." *Process Biochemistry*, v. 47, p. 503-508.

Kato, K. et al. 2011. "Enzyme encapsulation in silica particles prepared using enzyme - assisted sol–gel reactions in ionic liquids." *Journal of the Ceramic Society of Japan*, v. 119, n. 1386, p. 140-143.

Liu, C. H.; Chang, J. S. 2008. "Lipolytic activity of suspended and membrane immobilized lipase originating from indigenous *Burkholderia sp*. C20." *Bioresource Technology*, v. 99, n. 1, p. 1616-1622.

Melo, L. L. M. M. 2004. *Síntese enzimática dos ésteres de aroma butirato e valerato de citronelila por lipase de Rhizopus sp***.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas.

Mendes, A. A. et al. 2013. "Triagem de Suportes Orgânicos e Protocolos de Ativação na Imobilização e Estabilização de Lipase de Thermomyces lanuginosus." *Química Nova*, v. 36, p. 245-251.

Moreno-Pirajan, J.C.; Giraldo, L. 2011. "Study of immobilized candida rugosa lipase for biodiesel fuel production from palm oil by flow microcalorimetry." *Arabian Journal of Chemistry*, v. 4, p.55–62.

Neves Petersen, M. T.; Fojan, P.; Petersen, S. B. 2001. "How do lipases and esterases work: the electrostatic contribution." *Journal of Biotechnology*, v. 85, n. 2, p.115-147.

Ribeiro, B. D. et al. 2011. "Production and Use of Lipases in Bioenergy: A Review from the Feedstocks to Biodiesel Production." *Enzyme Research*, v. 2011, p. 16.

Santos, J. M. B. dos. 2016. *Produção de ésteres metílicos a partir de óleo de macaúba bruto (acrocomia aculeata) empregando enzima livre*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina**.** Florianópolis-SC.

Shinde, S. D.; Ganapati, D.; Yadav, G.D. 2015. "Insight into microwave-assisted lipase catalyzed synthesis of geranyl cinnamate: optimization and kinetic modeling." *Applied Biochemistry Biotechnoly***,** v. 175, p. 2035–2049.

Soares, C. M. F. et al. 1999. "Characterization and utilization of *Candida rugosa* lípase immobilized on controlled pore sílica." *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 77.

Soares, C. M. F. et al. 2006. "Characterization of sol-gel encapsulated lipase using tetraethoxysilane as precursor." *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic***,** v. 39, p. 69-76.

Zanette, A. F.; Awadallak, J.; Filho, L.C. 2014. " Imobilização de lipases regiosseletivas em matrizes sol-gel e reação parcial de hidrólise." *Journal of Exact Sciences***, v**.3, n.1, p.05-08.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DA SÍNTESE DO MATERIAL MESOPOROSO DO TIPO MCM-48 COM A UTILIZAÇÃO DE LÍQUIDO IÔNICO COMO DIRECIONADOR DE ESTRUTURA

Glaciela Cristina Rodrigues Da Silva Scherer
Nadia Ligianara Dewis Nyari
Tuany Camila Honaiser
Elton Luis Hillesheim
Alessandro Rogerio Paulazzi
Marcelo Luis Mignoni
Jamile Zeni

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
glaciela.cristina@yahoo.com .br, nadialigianara@hotmail.com, tuany.honaiser@ifsc.edu.br, hillesheim796@gmail.com,alessandro.paulazzi@hotmail.com, mignoni@uricer.edu.br, jamilezeni@uricer.edu.br

Resumo. *O objetivo deste trabalho foi estudar novas condições de síntese para o material mesoposoro do tipo MCM-48 utilizando o líquido iônico cloreto de 1-hexadecil-3-metilmidazolio como direcionador de estrutura. A síntese foi realizada em condições hidrotermais, consistindo na cristalização de um composto a partir de uma substância nutriente (amorfa ou cristalina), na presença de água e de um agente mineralizante. Após a realização de difração de raios X (DRX) que possibilitou a comprovação da formação da estrutura mesoporosa do tipo MCM-48, foram realizados sínteses com menores quantidades de hidróxido de amônia com o intuito de diminuir o uso de reagentes, baseado na ideia de economia atômica, bem como diminuir o pH de síntese, uma vez que este material poderá ser utilizado para a imobilização de vários tipos de catalisadores, entre eles as enzimas, que necessitam de pH próximos do neutro. Foram realizadas síntese com 9, 6 e 3mL de hidróxido de amônio e observou-se através do DRX que em todas as sínteses foi possível obter a estrutura mesoporosa do tipo MCM-48.*

Palavras-chave: *hidróxido de amônia, economia, difração de raios X, comprovação.*

1. INTRODUÇÃO

As zeólitas apresentam grande variedade de aplicação tecnológica e com capacidade de dessorção reversível de água, as zeólitas foram objeto de estudo de Alex Fredrik Cronstedt, um minerologista sueco, que em 1756, descreveu um novo tipo de mineral, chamado hoje de estilbita, o qual apresentava aspecto espumoso quando aquecido e quando esfriava voltava a hidratar. Estes materiais no momento que são aquecidos liberam água e quando esfriam absorvem água, devido a esta característica de absorver e dessorver água foi chamada de zeólita e seu nome deriva das palavras gregas "zeo" e "lithos" que significa "ferve" e "pedra" ou seja, "pedra que ferve" (Guisnet *et al*., 2004; Vieira, 2014).

Durante a realização da síntese de zeólita, que normalmente ocorre em condições hidrotermais, consistindo na cristalização de um composto a partir de uma substância nutriente (amorfa ou cristalina), tem-se a presença de água e de um agente mineralizante. As temperaturas na faixa de 25°C a 300°C e sua natureza é definida por fatores cinéticos. Podem ser sintetizadas diferentes estruturas zeólitas ou ainda a mesma zeólita com diferentes composições químicas, fazendo variar a composição das soluções de síntese e as condições operacionais (Simões *et al*., 2011).

As nanoestruturas zeolíticas ou simplesmente nanozeólitas apresentam vantagens em aplicações catalíticas e adsortivas. Dentre suas utilizações, podemos citar o seu uso em sensores, filmes, diagnósticos médicos e separação de materiais. Além disso, elas também podem ser utilizadas na construção de materiais estruturados e na síntese de sólidos porosos (Tosheva e Valtchev, 2005). Considerando as modificações físico-químicas na superfície externa desses materiais, na escala manométrica, outras aplicações podem ser exploradas, tais como o uso das nanozeólitas para a imobilização de enzimas (Ji *et al.*, 2008).

Podemos sintetizar diferentes e diversas estruturas zeolíticas mesoporosas dentre as quais estão as estruturas do tipo MCM-41, MCM-48 e MCM-50, que fazem parte da família M41S. (Grecco *et al*., 2013).

O objetivo deste trabalho foi sintetizar o material do tipo MCM-48 utilizando líquido iônico e caracterizar por meio de difração de raios X (DRX), além de avaliar a formação do material frente a diferentes condições reacionais, como a diminuição de hidróxido de amônia.

2. METODOLOGIA

A síntese do material mesoporoso do tipo MCM-48, foi baseada na metodologia descrita por Kumar *et al*. (2001), com modificações (diminui-se a quantidade de hidróxido de amônia e o CATB foi substituído por líquido iônico). Inicialmente, em um béquer de plástico, foram diluídos 2,4g do líquido iônico cloreto de 1-hexadecil-3-metilmidazolio, em 50 mL de água deionizada. Após a completa dissolução, foram adicionados 50 mL de etanol absoluto e 3 mL de hidróxido de amônia, 9 mL de água deionizada e deixado em agitação de 200 rpm, durante 10 minutos em temperatura ambiente (23-25 ºC). Em seguida, foram acrescentados 3,4 g de tetraetil ortosilicato-TEOS e deixado sob agitação durante 2h. Após decorrido este tempo, o sólido obtido foi lavado com água, filtrado a vácuo e deixado em repouso e seco a temperatura ambiente por 24 h "Figura 1". Após foi pesado e armazenado em embalagens fechadas.

Figura 1. Esquema da síntese do suporte MCM-48.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas sínteses material mesoporoso do tipo MCM-48 e verificou-se as características do mesmo. A "Figura 2" apresenta o aspecto visual do sólido após a síntese e secagem, na qual pode-se observar a formação de um sólido com coloração esbranquiçada.

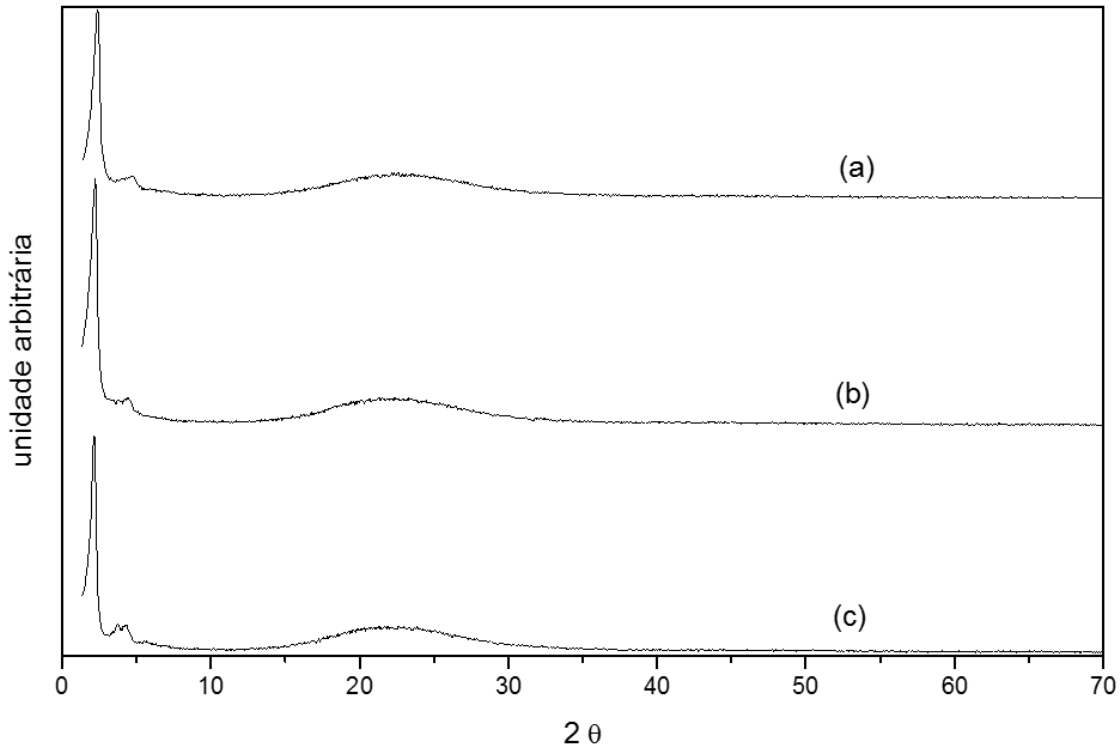
Figura 2- Aspecto visual do suporte MCM-48 formado com utilização de líquido iônico

(a) após a filtração

(b) após 24 h de secagem

Realizou-se modificações na síntese do suporte utilizando menor quantidade de NH_4OH (9, 6 e 3mL) com o objetivo de avaliar a formação do suporte. A síntese original deixa o meio com um pH em torno de 13 e com as menores quantidades de NH_4OH o meio apresentou pH 9. Na Figuras 3, apresenta-se os difratogramas de raios X das amostras sintetizadas. Nela verifica-se que foi possível sintetizar MCM-48 com mesma particularidade, apresentando picos característicos de materiais cristalinos, picos na região compreendida entre 2 a 3º (2θ) que é característico da estrutura interna da MCM-48. Nos difratogramas a, b e c são as quantidades diferenciadas de NH_4OH, sendo 9, 6 e 3 mL respectivamente "Fig. 3".

Figura 3. Difratogramas de raios X das amostras, (a) síntese contendo 9 mL de NH_4OH, (b) contendo 6 mL de NH_4OH, (c) 3mL NH_4OH.



Através da "Figura 3" pode-se perceber que os materiais apresentaram os picos típicos característicos de MCM-48 e a posição do pico (2θ) identifica a fase obtida como sendo característico do material puro e cristalino MCM-48

(Battiston *et al*., 2017), e apresentam estruturas cúbica e hexagonal, semelhante ao que foi encontrado por Nascimento *et al.* (2014). Observando o difratograma também é possível identificar a formação de um halo entre 20 e 30º (2θ), que é característico de materiais amorfos, sem ordenação cristalina.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos conclui-se que foi possível realizar a síntese de suporte de MCM-48 com a utilização de líquido iônico e com menor quantidade de NH_4OH, que foi verificada através de DRX, que apresentou picos cristalinos e estrutura organizada, assim a síntese deste material pode ser realizada com a utilização de 9, 6 e 3 mL de NH_4OH de forma que utilize menor quantidade de reagentes e proporcione economia atômica.

AGRADECIMENTOS

- Á Capes,
- Ao CNPq,
- Á FAPERGS
- À URI – Erechim.

5. REFERÊNCIAS

Battiston, C. S, Z, Ficanha, A. M. M. Levandoski, K. L. D. Silva, B. A., Battiston, S. Dallago, R. M. and Mignoni, M. L. 2017. "Immobilization of lipase on mesoporous molecular sieve MCM-48 obtained using ionic solid as a structure director and esterification reaction on solvent-free". *Química Nova*, v. 40, nº. 3, p. 293-298.

Grecco, S. T. F.; Rangel, M. C. and Urquieta-González, E. A. 2013. "Zeólitas hierarquicamente estruturadas". *Química Nova*, v. 36, n. 1, p. 131-142.

Guisnet, M.; Ribeiro, F. R. and Vale, H. 2004. "Zeólitos: um nanomundo ao serviço da catálise". *Lisboa: Fundação Caloustre Gulbenkian*, Lisboa, Portugal, cap. 1, p. 17-40.

Nascimento, A. R.; Figueredo, G. P.; Rodrigues G.; Melo, M. A. F.; Souza, M. J. B. and Melo, D. M. A. 2014. "Síntese e caracterização de materiais mesoporosos modificados com níquel para a captura de CO2". *Cerâmica*, v. 60, p. 482-489.

Ji, Y. Z., Zhou, X., Kong, J., Tang, Y. and Liu, B. et al. 2008. "Enhanced protein digestion through the confinement of nanozeolite-assembled microchip reactors". *Analytical Chemistry***,** v. 80, n. 7, p. 2457-2463.

Kumar, D.; Schumacher, K.; Hohenesche C. D.; Grun, M. and Unger, K. K. 2001. "MCM-41, MCM-48 and related mesoporous adsorbents: their synthesis and characterization". *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Engineering Aspects*, v.187–188, p. 109-116.

Simões, A. N.; Neiva, L. S.; Araújo, A.P.; Oliveira, J. B. L.; rodrigues, M. G. F. and Gama, L. 2011. "Estudo da influência dos parâmetros de síntese na obtenção de zeólitas". *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 6, p. 35-38.

Tosheva, L.; Valtchev, V. P. 2005. "Nanozeolites: Synthesis, crystallization mechanism, and applications". *Chemistry of Materials*, v. 17, p. 2494-2513.

Vieira, L. H. 2014. *Substituição isomórfica de íons gálio em zeólitas de estrutura MFI para modificação da acidez do catalisador e controle da desativação na desidratação do glicerol*. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DESIDRATAÇÃO DE ALIMENTOS: UMA BREVE REVISÃO

Greice Kelly Alves
Giulia Rodrigues Bareta
Alice Teresa Valduga
Thiago André Weschenfelder
Paulo Sérgio Gomes da Rocha
Cilda P. Ghisleni
Clarice Steffens
Glênio L. Vasconcellos Rigoni
GecianeToniazzoBackes
Alexander Junges
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim-RS, 99709-910.
greice_kelly_alves@yahoo.com.br
giuliabareta@gmail.com
valice@uricer.edu.br
thiago.weschenfelder@gmail.com
rocha@uricer.edu.br
pcilda@uricer.edu.br
clarices@uricer.edu.br
glenio.rigoni@uricer.edu.br
gtoniazzo@uricer.edu.br
junges@uricer.edu.br

Resumo: *A desidratação de um alimento consiste na diminuição do conteúdo de água de um alimento até que ocorra a inibição de microrganismos deteriorantes, causadores de doenças de origem alimentar, também diminui reações enzimáticas e não enzimáticas. Entre suas principais vantagens estão: prevenção das alterações químicas ou físicas no alimento, redução dos custos de embalagem, armazenamento e transporte, remoção da umidade adicionada em operações de processamento, reaproveitamento de produtos, inativar enzimas indesejáveis, entre outros. Este método pode ser aplicado de maneiras diferentes, como a secagem natural ou ao sol, a secagem direta e indireta, mecânica, artificial, desidratação por liofilização e desidratação osmótica. Para isso podem ser usados diferentes tipos de secadores. Serão explicados os tipos de secadores mais utilizados como: De contato, de armário ou cabine, tipo forno, de túnel, de leito fluidizado, de esteira, por aspersão (Spray driers), à vácuo. No presente trabalho é apresentado uma breve revisão bibliográfica voltada para a conservação de alimentos pelo método de desidratação, mostrando os diferentes tipos de secadores e as diversas formas de secagem.*

Palavras-Chave:*Desidratação, secagem, microrganismos, calor,enzimas.*

1. INTRODUCÃO

Uma parte considerável de toda produção de alimentos é desperdiçada por problemas de armazenamento, transporte e conservação. Com isso, soma-se os custos sociais e econômicos de doenças causadas por contaminação de alimentos (ROSSI e JESUS, 1994). Para conservar alimentos, é necessário eliminar ou minimizar algumas condições intrínsecas ou extrínsecas que possam proporcionar sua degradação e verificar o alimento no ponto de vista físico, químico e biológico, a fim de se encontrar os melhores métodos para conservá-lo sem que ele perca seus principais valores nutricionais. A escolha do método de conservação irá depender do tipo de alimento, das condições econômicas e da finalidade desse produto, entre outros fatores, e normalmente são utilizados mais de um método para a conservação desse alimento (CARELLE e CANDIDO, 2015). Para conservar um alimento por desidratação diminui-se o conteúdo de água até o ponto em que ocorra a inibição dos microrganismos deteriorantes e dos causadores de doenças de origem alimentar. O método de desidratação é um dos métodos mais antigos de conservação de alimentos (FRANCO e LANDGRAF, 2008).

A desidratação (ou a secagem) é a aplicação de calor em condições controladas para remover a maioria da água normalmente presente em um alimento por evaporação (ou no caso de liofilização). O objetivo principal da desidratação é prolongar a vida útil dos alimentos por uma redução na atividade da água (Anandharamakrishnan, C., 2016).

A desidratação dos alimentos causa, em geral, poucas alterações, sendo algumas delas indesejáveis, como a perda de água, com a consequente concentração dos nutrientes por unidade de peso. As propriedades organolépticas, principalmente a textura, e o valor nutritivo, especialmente, as vitaminas são afetadas negativamente quando expostas ás altas temperaturas em tempo prolongado, porém as perdas são pequenas. (SILVA, 2002). Por isso pode ser considerado um processo eficiente e sem grandes perdas, sendo suas vantagens consideravelmente maiores que as desvantagens. Este artigo tem como objetivo mostrar as vantagens, desvantagens, métodos e se é viável ou não financeiramente, a desidratação em alimentos.

2. DESENVOLVIMENTO

Uma das principais preocupações do microbiologista de alimentos relaciona-se ao controle do desenvolvimento microbiano, visando eliminar riscos à saúde ao consumidor, bem como prevenir ou retardar o surgimento de alterações indesejáveis nos alimentos. O ideal é que os microrganismos não tenham acesso aos alimentos, excetuando-se, evidentemente, aqueles obtidos através de processos de fermentação. Entretanto, uma vez que tal fato é praticamente impossível, é necessária a adoção de medidas para controlar seu desenvolvimento, como: métodos físicos: Temperatura (desidratação), radiação, filtração, Dessecação, remoção de oxigênio e Vibração ultrassônica. Métodos químicos: Desinfetantes, antissépticos preservativos usados em alimentos. Mas o foco deste trabalho será a desidratação, que talvez seja o método mais antigo de controle microbiano para a conservação de alimentos. (FRANCO e LANDGRAF, 2008).

A desidratação pode ser definida como aplicação de calor, sob condições controladas, para remover a maior parte da água normalmente presente em um alimento, por evaporação. Quando o ar aquecido é soprado sobre o alimento, o calor é transferido para uma superfície e o calor latente de vaporização provoca a retirada de sua umidade. O vapor de água difunde-se uma película delimitante do ar e é carregado por este em movimento. Isso cria uma região de menor pressão de vapor de água na superfície do alimento e um gradiente de pressão deste é estabelecido do seu interior úmido para o ar seco. Esse gradiente fornece a força motriz para a remoção da água do alimento (OETTERER et al., 2006). Este método pode diminuir a atividade microbiológica, reações enzimáticas e não enzimáticas, além de reduzir seu volume, facilitando assim seu transporte, com aumento de sua durabilidade e agregando valor a um determinado alimento, apesar de o processo não ser letal, durante a desidratação alguns microrganismos são destruídos. (BOEIRA, 2005).

As alterações causadas nos alimentos dependem de suas estruturas, ocorrem dependendo dos níveis de estruturas moleculares, macro e micromoleculares de acordo com as condições a que são submetidas. Embora a desidratação destrua alguns microrganismos, os esporos bacterianos, assim como os fungos e muitas bactérias Gram-positivas e negativas, sobrevivem a esse processo. (FRANCO e LANDGRAF, 2008).

2.1 Alimentos com Umidade intermediária (IMF)

Os alimentos que apresentam atividade de água entre 0,60 e 0,85 são denominados alimentos com umidade intermediária ou IMF (Intermediate Moisture Foods). Na tabela 1 são apresentados os alimentos com umidade intermediaria considerados tradicionais.

Tab. 1: Alimentos com umidade intermediária considerados tradicionais.

PRODUTO ALIMENTÍCIO	FAIXA DE A
Frutas secas	0,60-0,75
Bolos e produtos de confeitaria	0,60-0,90
Alimentos congelados	0,60-0,90
Açúcares, xaropes	0,60-0,75
Alguns doces	0,60-0,65
Alguns cereais	0,65-0,75
Bolo de frutas	0,73-0,83
Mel	0,75
Concentrados de sucos de frutas	0,79-0,84
Geléias	0,80-0,91

Leite condensado	0,83
Alguns embutidos fermentados	0,83-0,87
Alguns queijos maturados	0,96

Fonte: (Jay, 1992).

A única bactéria de interesse em saúde pública que se multiplica em alimentos com atividade de água (Aa) próxima à 0,86 é o *Staphylococcus aureus*. Para os alimentos de umidade intermediária, tem-se como objetivo atingir uma determinada Aa conhecida, entre as várias metodologias empregadas para se determinar a Aa de um alimento, pode ser utilizada a lei de Raoult. Por essa lei, o número de moles da água em solução é dividido pelo número total de moles em solução (FRANCO e LANDGRAF, 2008).

$$Aa = \frac{número\ de\ moles}{número\ de\ moles\ de\ H_2O + número\ de\ moles\ de\ soluto} \quad (1)$$

2.2 Tipos de secagem:

- Infusão úmida: pedaços do alimento sólido são embebidos e/ou cozidos em uma solução adequada para que o produto final tenha o nível de água desejado;
- Infusão a seco: pedaços do alimento sólido são primeiramente desidratados e depois imersos em uma solução contendo os agentes osmóticos;
- Componente de mistura: todos os ingredientes do IMF são pesados, misturados, cozidos e extrusados ou combinados de outras maneiras para que o produto final tenha a Aa desejada;
- Desidratação osmótica: os alimentos são desidratados pela imersão em líquidos com Aa menor do que a do alimento (FRANCO e LANDGRAF, 2008).
- Desidratação ou secagem artificial: envolve a passagem de ar aquecido, com umidade relativa controlada, sobre o alimento a ser desidratado, que pode estar parado em movimento (OETTERER et al., 2006).
- Secagem Natural: Se dá pela redução da disponibilidade de água para o desenvolvimento de microrganismos e para reações bioquímicas deteriorantes. Tem a vantagem de ser simples e permitir a obtenção de produtos com maior validade, além disso tem custos e volumes menores de conservação, armazenagem e transporte. Em alguns casos, a desidratação apresenta a vantagem extra, a maior variedade de produtos alimentícios que podem ser disponibilizados fora da safra, como é o caso das frutas secas, o que é um benefício ao consumidor (PARK et al., 2002).
- Secagem direta: sol incide diretamente sobre os alimentos dispostos no secador.
- Secagem Indireta: é realizada por um coletor que converte a energia solar em calor e uma câmara de secagem onde os alimentos são colocados sem exposição direta do sol (PUHL e NITZKE, 2017).
- Secagem solar mecânica: É um método mais sofisticado, pois permite controle mais acurado das condições ambientais, além de ser mais higiênico. Emprega-se um coletor de radiação solar, que absorve e a converte em calor, com o propósito de elevar a temperatura no interior do equipamento fechado entre 11 e 17ºC em relação à temperatura ambiente (OETTERER et al., 2006).

2.3 Liofilização

O processo de lioflização consiste em um processo de secagem do material por meio da sublimação da parte congelada a temperaturas baixas e sob vácuo. O desempenho do processo é fortemente dependente da escolha adequada das condições operacionais e, portanto, há necessidade de uma extensiva análise de seus efeitos no tempo de processamento e na qualidade do produto obtido. Essa tecnologia foi desenvolvida para superar as perdas de compostos responsáveis pelos aromas nos alimentos, os quais são muito suscetíveis às modalidades de processamento que empregam temperaturas elevadas, como a secagem convencional (IBARZ e BARBOSA-CANOVAS, 1999).

A liofilização pode ser dividida em três etapas, a de congelamento, a de sublimação e a de dessorção (LIAPIS et al., 1996).É realizada em baixa temperatura e na ausência de ar atmosférico, propiciando o não-comprometimento das qualidades organolépticas e reduzindo ao mínimo as alterações das características químicas dos alimentos, assim possibilitando a conservação a longo prazo (OETTERER et al., 2006).O êxito da liofilização depende significativamente da etapa de congelamento, pois define o tamanho, distribuição e conectividade dos poros, se os cristais de gelo são pequenos e descontínuos a taxa de transferência de massa de vapor de água pode ser limitada(LIAPIS et al., 1996).

Na segunda etapa a água congelada é removida por sublimação, no qual se faz necessário o uso de baixa pressão no liofilizador, próxima a pressão de vapor de equilíbrio da água congelada.O último estágio é a dessorção, tem início com

o fim da sublimação, quando não há mais camada congelada. Nesta etapa ocorre a retirada da água ligada à estrutura do material até que a umidade residual seja tão pequena que o material se mantenha estável e com alta qualidade por longo tempo (LUCCAS, 1998).

O mercado tem disponibilizado uma variedade de produtos desidratados que apresentam grande diversificação e aplicação, tais como sopas instantâneas com vegetais desidratados, frutas desidratadas (maçã, abacaxi, manga e banana) sucos de frutas em pó, polpas de frutas em pó, entre outros (SANTOS, 2005). Diante do valor nutricional e comercial das frutas, é essencial o uso de uma tecnologia de desidratação adequada, que preserve as características sensoriais e nutricionais (MARQUES, 2008).A liofilização é um processo que, quando comparado com outros métodos de desidratação, apresenta redução significativa de alguns fatores como: contração do produto, decomposição térmica, perdas voláteis, ações enzímicas, desnaturação de proteínas e morfologia inicial do material, é uma técnica viável para maior aproveitamento de excedentes de safra, reduzir os desperdícios e perdas pós-colheita, disponibilizando para o mercado consumidor a comercialização de commodities sazonais, de produtos estáveis, seguros, práticos e com longa vida de prateleira (MAIA, 2007).

2.4 Desidratação osmótica

O processo de desidratação osmótica é considerado um método capaz de obter um produto de boa qualidade, mediante a redução de sua umidade, sem mudança de fase durante o processo (ELAQUAR e MURR, 2003). A desidratação osmótica é um processo brando de conservação dos alimentos. Apesar da redução do conteúdo de umidade do alimento durante o processo, a atividade de água final do produto ainda é muito alta, sendo necessários tratamentos adicionais para garantir estabilidade microbiológica do alimento (SOUZA et al., 2007; FERNANDES et al., 2006).

A desidratação osmótica é uma operação de transferência de massa em que a água é parcialmente removida dos alimentos por imersão em soluções aquosas concentradas, tais como xaropes ousalmouras. Durante o processo ocorrem incorporação de sólidose consequente diminuição da atividade de água e diminuição davelocidade de deterioração do alimento (MARTIM et al., 2007;RUIZ-LÓPEZ et al., 2011). As vantagens desta operação consistemem diminuir o teor de umidade inicial do alimento, conservar ascaracterísticas sensoriais e nutricionais da fruta e reduzir o tempode secagem convectiva e o custo do processo. A desvantagemé a permanência de uma fina camada de açúcar, indesejável nasuperfície da fruta e, dependendo do tipo de fruta, pode tornarse rançosa e com teor de umidade muito baixo (MEDEIROS et al.,2006; DEMCZUK JÚNIOR et al., 2008).

2.5 Tipos de Secadores

Os fatores intrínsecos à fruta devem ser observados durante a escolha do tipo de secador, entre eles: o teor de umidade inicial; sensibilidade a temperaturas elevadas, o que pode promover alterações na cor, textura, sabor, valor nutricional; suscetibilidade ao desenvolvimento microbiano; teor de açúcar; presença de película com baixa permeabilidade a água ou umidade (SOLÉ, 2004).

Na tabela 2 podemos comparar os tipos de secadores, assim como seu funcionamento e qual é mais viável econômica e industrialmente para o tipo de produto e demanda de produção.

Tab. 2: Tipos de secadores.

Tipos de secadores	Funcionamento	Aplicação	Valor financeiro
De contato (tipo tambor, tubular e esteira a vácuo).	O calor é transmitido ao alimento por condução, através do contato do produto com uma superfície aquecida. O aquecimento da superfície pode ser através de vapor, eletricidade ou contato direto com fogo. Possuem a opção de poder operar a vácuo.	Alimentos infantis, amido pré-gelatinizado, na fabricação de produtos como cereais matinais, farinhas lácteas, flocos de batatas, massas de frutas, gelatinas, leite e produtos lácteos, pures, papinhas, entre outros.	Custo relativamente alto e taxas de produção baixas.
Secadores de armário ou cabine	O alimento é colocado em bandejas e o ar quente é insuflado pra dentro da câmara por meio de ventiladores, fazendo o ar circular.	Vegetais, frutas e hortaliças.	Acessível
Secadores tipo forno	São de grandes proporções, geralmente de dois pavimentos, sendo o superior reservado para o material que se deseja	Alimentos em pedaços, cereais, farinha de mandioca e ervas, entre outros.	Acessível

	desidratar.		
Secadores de túnel	Se movimentam vagonetes com bandejas portadoras do material a ser desidratado. A matéria-prima entra por uma das extremidades e sai pela outra com o nível de umidade desejada. O veículo de retirada da umidade é o ar quente.	Frutas, cebola, alho, batatinha e massas alimentícias.	Acessível
Secadores de leito fluidizado	São câmaras nas quais o material a desidratar é posto em uma placa perfurada, através da qual é insuflado ar quente em alta velocidade.	Ervilhas, cogumelos, frutas e hortaliças em pedaços.	Relativamente alto
Secadores de esteira	O alimento é colocado sobre a esteira em camadas. O ar é insuflado no produto de baixo para cima pelas malhas da esteira, atingindo o produto, e depois de cima para baixo nos estágios finais, para evitar que o alimento seco se desprenda da esteira.	Pode ser utilizado para secar vários tipos de vegetais, como cereais, castanhas, frutas, batatas, pistache, amêndoas, macadâmia, nozes, sementes de girassol, amendoim e também para Legumes, frutas e hortaliças.	Se a produção for em larga escala o custo se torna relativamente baixo.
Secadores por aspersão (*Spray driers)*	Um processo contínuo em que um líquido diluído ou concentrado é transformado em produto seco, caracterizando-se pelo tempo de secagem relativamente curto.	Leite, café, sucos de frutas e ovos.	Baixo custo de operação e alta qualidade dos pós obtidos.
Secadores à vácuo	Podem ser de cabine simples, na qual o material úmido é colocado em bandeja sobre as prateleiras aquecidas a vapor por resistência elétrica ou serpentina. No interior da cabine faz-se vácuo, que favorece a eliminação do vapor formando no decorre da desidratação.	Alimentos em pedaços, purês e líquidos.	Se utilizado para produção em larga escala o custo é acessível.

(Fonte: Oetterer et al.,2006; Puhl e Nitzke, 2017).

2.6 Alterações provocadas pela desidratação

As alterações provocadas pela desidratação ou secagem de alimentos não são muitas, mas devem ser bem observadas para que possam ser diminuídas ao máximo, dependendo do tipo de produto a ser desidratado.

Características químicas e sensoriais: Em geral, secagem rápida e temperaturas altas provocam maiores alterações do que taxas moderadas desses fatores. Altas temperaturas provocam alterações químicas e físicas complexas na superfície e formação de crostas, dificultando a retirada de umidade do interior do alimento (OETTERER et al., 2006).

Alterações na cor: A oxidação e a atividade enzimática provocam escurecimento durante o armazenamento, o que pode ser evitado por tratamento térmico (branqueamento) e tratamento com SO_2e ácido ascórbico (OETTERER et al., 2006). Alterações no valor nutritivo: A retenção das vitaminas nos alimentos desidratados em geral é superior à dos alimentos secos ao sol. Efeito sobre microrganismo e enzima: A remoção da umidade dos alimentos é um método eficaz no controle do crescimento microbiano, uma vez que a água é um componente fundamental para o pleno desenvolvimento de seu metabolismo. Existem fungos capazes de desenvolver-se em substratos com baixo teor de umidade (12%), ao passo que as bactérias e leveduras requerem níveis de umidade superior a 30% (OETTERER et al., 2006).

Na desidratação osmótica por exemplo, há perdas de solutos próprios dos alimentos como açucares, ácidos orgânicos, sais minerais, vitaminas, entre outros, embora sejam quantitativamente menos importantes que as migrações dos fluxos principais na solução osmótica, apesar de modificarem a qualidade organoléptica (flavor, cor e textura) e nutricional (vitamina, mineral) do produto (AZOUBEL; MURR, 2000; ORDÓÑEZ, 2005).

3. CONCLUSÃO

O método de conservação de alimento por desidratação é um método geralmente barato, não muito complexo e que agrega muito valor ao produto final. As desvantagens são poucas, como: a perda de água, com a consequente concentração dos nutrientes por unidade de peso, as propriedades organolépticas, principalmente a textura, e o valor nutritivo, especialmente, as vitaminas são afetadas negativamente quando expostas ás altas temperaturas em tempo prolongado, porém as perdas são pequenas, e não muito significativas, mas estas alterações dependem do tipo do alimento, espessura, pH, atividade de água, etc. Por isso pode ser considerado um processo eficiente e sem grandes perdas, sendo suas vantagens consideravelmente maiores que as desvantagens.

4. REFERENCIAS

ANANDHARAMAKRISHNAN, C., 2016. Handbook of Drying for Dairy Products. John Wiley and Sons, Chichester.

AZOUBEL, P. M.; F. E. X. 2000 Mathematical Modelling of the Osmotic Dehydration of Cherry Tomato (Lycopersicon esculetum var. cerasiforme), ***Ciênc. Tecnol. Aliment.***, Campinas, Vol. 20, n. 2, p. 228-232.

BOEIRA, J.B. 2005 Estudo experimental da obtenção de pêssego desidratado (var. Marli e Springcrest) por desidratação osmótica e secagem complementar. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Centro de Tecnologia - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina.

CARELLE, A. C e CÂNDIDO,C. C. Tecnologia dos Alimentos: Principais Etapas da Cadeia Produtiva - Ana Claudia Carelle e Cynthia Cavalini Cândido - 1a Edição pela Editora Érica

DEMCZUK JÚNIOR, B.; FACHIN, D. T.; RIBANI, R. H. e FREITAS, R. J. S. 2008 "Degradação da cor e do ácido ascórbico na desidratação osmótica de kiwi." *Boletim do Centro dePesquisa e Processamento de Alimentos*, Vol. 26, p.229-238.

EL-AQUAR, Â.A. e MURR, F.E.X. 2002Estudo e Modelagem da Cinética de Desidratação Osmótica do Mamão Formosa (Caricapapaya L.). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 14, Natal, 2002. Anais., Caderno de Resumos, Natal.

FRANCO, Bernardette D. G. M. e LANDGRAF,2006 Mariza. Microbiologia dos Alimentos. São Paulo. Atheneu. 182 p.

JAY, JM, Modern food microbiology. 4th ed. Van Nostrand Rheinhold, New York, p. 97-184, 1992.

IBARZ, A. e BARBOSA-CANOVAS, G. V. 1999 **Deshidratación y Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos**, Lancaster, Basel.

LIAPIS, A. I.; PIKAL, M. J. e BRUTINI, R. 1996 "Research and development needs and opportunitiesin freeze drying." ***Drying technology***, Vol. 14, n.6, p. 1265-1300.

LUCCAS, P. 1998 Influência do congelamento no processo de liofilização do sangue bovino. *Dissertação de mestrado.* UFSCAR, São Carlos – SP, 114p.

MAIA, G. A.; SOUZA, P. H.M. e SANTOS, G. M. 2007 "Effect of the processing on some components of acerola juice." ***Ciência e tecnologia de alimentos***, Vol. 27, p. 130-134.

MARQUES, L. G. 2008 **Liofilização de Frutas Tropicais**. Tese de Doutorado. Pesquisa e Desenvolvimento de Processos Químicos, Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). São Carlos, 293 p.

MARTIM, N. S. P. P.; WASZCZYNSKYJ, N. e MASSON, M. L. 2007 "Cálculo das variáveis na desidratação osmótica de manga cv. Tommy Atkins*." Ciência e Agrotecnologia*, Vol. 31, p.1755-1759.

MEDEIROS, C. D.; CAVALCANTE, J. A. e ALSINA, O. L. 2006 "Estudo da desidratação osmótica da fruta de palma (fgo da índia)." *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Vol. 8, p.153-162.

OETTERER, M.; REGINATO-D'ARCE, M.A.B. e SPOTO, M.H.F. 2006 Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos. Barueri: Manole.

ORDÉÑEZ, J. A. 2005 "**Tecnologia de alimentos:** componentes dos alimentos e processos." Porto Alegre: Artmed.

PARK, K.J.; BIN, A. e BROD, F.P.R. 2002 "Drying of pear 'd'Anjou' with and without osmotic dehydration". *Journal of Food Engineering*, Vol. 56, p.97-103.

PUHL, J. e NITZKE, J. A. – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentus1/objetos/veg_desidratados/secagem_sol.html> Acesso em 06 de set. 2017.

ROSSI A. M. e JESUS, E. F. O., 1994 A radiação que conserva. Ciência Hoje, 17(100): 24-29.

RUIZ-LÓPEZ, I. I.; RUIZ-ESPINOSA, H.; HERMAN-LARA, E. e ZÁRATE-CASTILLO, G. 2011 "Modeling of kinetics, equilibrium and distribution data of osmotically dehydration carambola(*Averrhoa carambola* L.) in sugar solutions." *Journal of FoodEngineering*, Vol. 104, p.218-226.

SILVA, J. A. 1999 *Rev. Higiene Alimentea*, São Paulo, Vol. 13, n. 60, p. 55-62, mar.

SOLÉ, P. Bananas (Processed). In: BARRET, D. M. e SOMOGYI, L. RAMASWAMY, H. 2004 Processing Fruits – Science and Tecnology. 2ª ed, Cap. 27.

SOUZA, J.S.; MEDEIROS, M.F.D.; MAGALHÃES, M.M.A.; RODRIGUES, S. e FERNANDES, F.A.N. 2007 "Optimization of Osmotic Dehydration of Tomatoes in a Ternary System followed by Air-Drying." *Journal of Food Engineering*, Vol. 83, n.4, p.501-509.

5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DE NITRITO E NITRATO NA PRODUÇÃO DE SALAME TIPO ITALIANO ELABORADO COM DIFERENTES CULTURAS STARTER E SUBSTRATOS

Guilherme Sabadin Piva
Elizandro Vedovatto
Clarice Steffens
Rogério L. Cansian
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Av. Sete de Setembro, 1621 - Fátima, Erechim - RS, 99709-910
piva_guilherme@hotmail.com

Resumo. *O salame tipo Italiano brasileiro é predominantemente obtido de carne suína, com maturação de aproximadamente 30 dias, atingindo pH em torno de 5,4 e atividade de água 0,90. Sua fabricação se dá em duas fases: na primeira, ocorre fermentação, acidificação e formação da cor, na segunda, há desidratação. O uso das bactérias do gênero Lactobacillus como cultivos iniciadores propicia às indústrias processos de fermentação e produtos mais uniformes e seguros, redução do tempo de maturação devido à rápida formação de ácido lático, obtendo-se produtos com melhores características sensoriais, químicas e microbiológicas.* Esse trabalho teve por objetivo estudar a influência de culturas starters compostas por diferentes combinações de micro-organismos (Staphylococcus xylosus, Staphylococcus carnosus, Lactobacillus sakei e Lactobacillus plantarum) juntamente com uma bactéria láctica não starter aplicados a condição de dois substratos (dextrose e xarope de glicose) na fabricação de salame tipo Italiano, com a avaliação final, a redução de nitrito e nitrato no decorrer da vida de prateleira.
Palavras-chave: *Culturas Starters; Salame; Nitrito; Nitrato; Vida de Prateleira.*

1. INTRODUÇÃO

A carne, devido ao seu elevado valor nutricional, torna-se altamente sensível ao desenvolvimento de micro-organismos que conduzem à sua deterioração. Além disso, a sua elevada quantidade de água livre e o favorável pH facilitam um ótimo crescimento para micro-organismos indesejáveis. Os procedimentos tradicionais para preservação da carne são a secagem, salga e fermentação (TERRA, 1998).

A fermentação é uma das mais antigas tecnologias utilizadas para conservação dos alimentos. No passado, a fermentação era um resultado espontâneo da microflora natural da carne e do ambiente. Entretanto, a fermentação descontrolada pode produzir produtos inferiores ou mesmo inseguros para o consumo (ESSID et al, 2007).

A fermentação é considerada por muitos autores (PISACANE et al, 2015; ZANARDI et al, 2010; CAVENAGHI, 1999) como a etapa mais importante do processamento do salame. Durante a fermentação, ocorrem produção de ácido láctico e consequente abaixamento do pH do produto (CAVENAGHI, 1999). É influenciada pelas características da matéria prima e do processo, que resultam nas características sensoriais do produto final (aroma, cor e textura), e também na estabilidade e segurança do embutido fermentado. Sua maturação é de aproximadamente trinta dias, possui aroma e sabor suaves, um pH em torno de 5,4 e atividade de água inferior a 0,87. A redução da atividade de água a esses valores caracteriza o final do processo. Sua fabricação se dá em duas fases: na primeira, há a fermentação com a ocorrência simultânea de acidificação e formação da cor; a segunda fase é a maturação e consiste na desidratação como decorrência da fermentação. Ambas as fases, fermentação e maturação, ocorrem em câmara de maturação dotada de controles de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar (TERRA et al, 2004).

Os sais de cura mais utilizados na produção de salame são o nitrato de sódio (NaNO3) e o nitrito de sódio (NaNO2). O nitrato não possui atividade antioxidante, mas é fundamental na redução para nitrito. O nitrito atua estabilizando a cor, melhorando a textura, contribui para o desenvolvimento do flavor e possui atividade antimicrobiana. O nitrito funciona como um agente quelante, principalmente para metais, formando composto nitrosos que possuem atividade antioxidantel (JAY, 2005).

O açúcar é o ingrediente principal adicionado para fornecer alimento para culturas starter. A queda de pH no salame depende do tipo e quantidade de açúcar utilizado, uma quantidade maior de açúcar geralmente leva a um menor pH e acidificação mais forte (TERRA,1998).

Esse trabalho teve como finalidade estudar o teor de nitrito e nitrato do "Salame Tipo Italiano" aplicando algumas associações entre bactérias lácticas Lactobacillus, Pediococcus e Enterococcus em diferentes substratos classificados como xarope de glicose e dextrose.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados cinco diferentes culturas starters adquiridas das empresas SACCO e Christian & Hansen e dois diferentes substratos, dextrose (D) e xarope de glicose (G).

Os cinco tratamentos fermentativos diferentes foram avaliados em salame tipo Italiano semicurado de carne suína.

- A cultura starter 1 (BR1) composta pelas bactérias S. xylosus (7,5 x 106 UFC/g de massa), S. carnosus (7,5 x 106 UFC/g de massa) e L. sakei (6,0 x 106 UFC/g de massa);
- Cultura 2 (BR2) composta por S. carnosus (1,5 x 107 UFC/g de massa) e L. sakei (6,0 x 106 UFC/g de massa);
- Cultura 3 (BR3) S.s xylosus (1,5 x107 UFC/g de massa) e L. sakei (6,0 x 106 UFC/g de massa);
- Cultura 4 (BR4) S. carnosus (1,5 x 107 UFC/g de massa) e L. plantarum (6,0 x 106 UFC/g de massa) e;
- Cultura 5 – padrão (BR5) S. carnosus e L.sakei (5,55 x 106 UFC/g de massa) sendo esta última cultura adquirida do fornecedor Christian & Hansen e as demais do fornecedor SACCO.

Os testes foram realizados combinando cada cultura com cada um dos substratos (Glicose e Dextrose), totalizando 10 tipos diferentes de ações microbiológicas, ou seja, 10 tipos diferentes de amostras ou combinações (GBR1, DBR1, GBR2, DBR2, GBR3, DBR3, GBR4, DBR4, GBR5 e DBR5). Todas as culturas estudadas foram escolhidas por suas atividades tecnológicas apresentarem acidificação tradicional.

O xarope de glicose desidratado (MOR – REX) com dextrose equivalente (DE) entre 38 – 40% DE foi adquirido da empresa Corn Products e nominado como Glicose no presente trabalho. A dextrose monoidratada (CERELOSE) com 99,5% DE fornecida pela empresa. O processo de elaboração do salame tipo Italiano está demonstrado na Figura 1 abaixo.

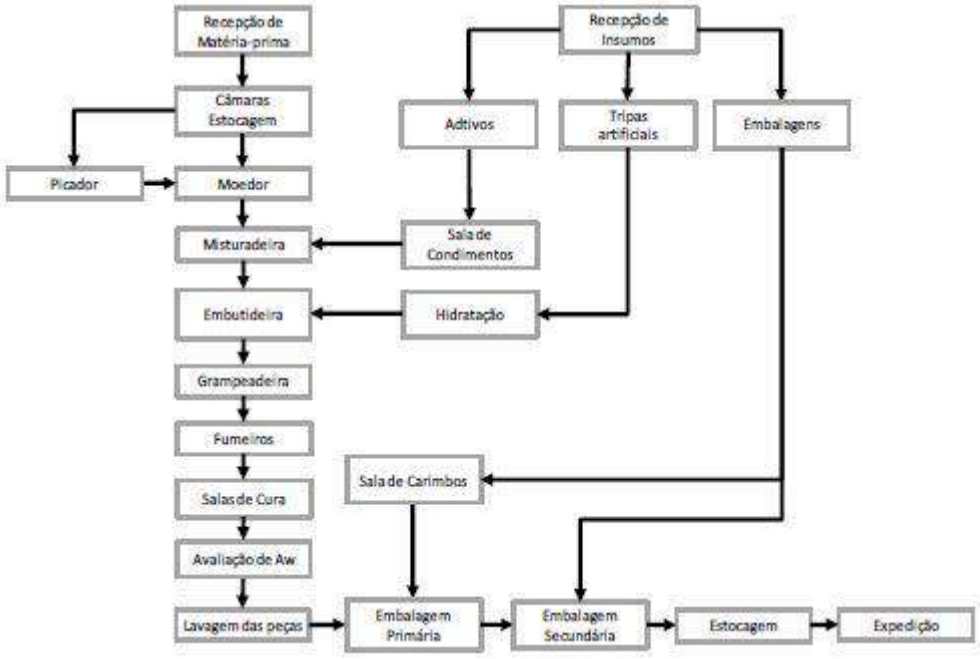


Figura 1: Esquema do processo de elaboração do salame tipo Italiano.

Na preparação da massa foram confeccionadas 10 bateladas de salame tipo Italiano. Cada batelada continha 450 Kg de carne suína e toucinho, e 18,74 Kg de ingredientes.

As temperaturas médias da carne estavam entre 2,5 e 3,0ºC e da gordura variou entre 5 e 6ºC. A temperatura da massa pronta ficou entre 6 e 7ºC.

Das 10 bateladas, em 05 foi adicionado o substrato dextrose (99% de pureza) na quantidade de 4,240 Kg e as outras 05 foi adicionado xarope de glicose (38-40% de dextrose equivalente) na quantidade de 3,800 Kg por batelada. As 10 amostras enviadas para o fumeiro e o processo de defumação iniciou-se após 03 horas da sua confecção. Os fumeiros tinham operação manual, e nessa etapa foi feito fogo e fumaça com objetivo de aumentar a temperatura do produto para iniciar a fermentação e defumar para conferir o sabor de fumaça.

No fumeiro as amostras foram colocadas na mesma posição horizontal para garantir homogeneidade de temperatura e umidade. Posicionado 02 dataloggers (AK285 - 8835 - AKSO), um na entrada e outro no final do fumeiro para medir essa condição. A temperatura do fumeiro operou na maioria do tempo entre 25 e 35ºC e umidade entre 60 e 80%. A temperatura do produto ficou entre 25 e 30ºC. A defumação em fumeiro totalizou 30h de tempo total de processo.

Na etapa de maturação, as amostras foram colocadas na posição horizontal para garantir as mesmas condições de temperatura, umidade e fluxo de ventilação. Medido com os mesmos equipamentos dataloggers (AK285-8835-AKSO)

em posições de frente e fundo da sala, as condições de temperatura e umidade. A maturação em salas de cura (Maurer) totalizou 28 dias de processo.

Durante o período de shelf-life, resultante em 60 dias de armazenamento em até 22ºC, as amostras ficaram em local seco e fresco, embaladas à vácuo e dentro de caixas secundárias de papel evitando exposição a oxigênio e luminosidade

2.1 Análise de Nitrito e Nitrato

Os parâmetros intrínsecos estudados neste trabalho foram baseados nas legislações específicas e na AOAC 1999, sendo realizadas nas três (3) etapas do processo, na defumação, na maturação e no shelf-life, sendo avaliado nitrito e nitrato.

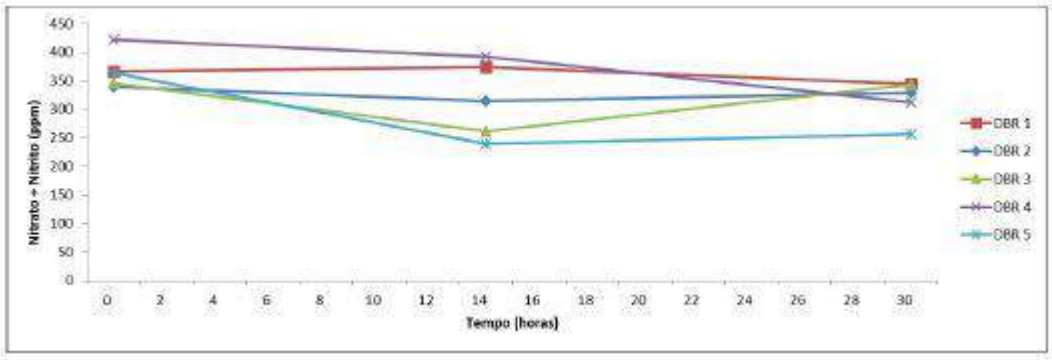
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capitulo será abordado, os resultados da avaliação de nitrito e nitrato durante as três etapas na fabricação (defumação, maturação e shelf-life) do salame tipo italiano.

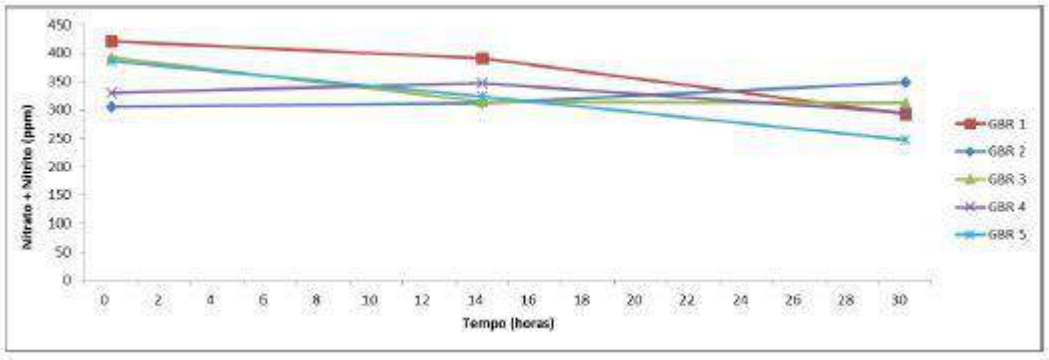
3.1 Defumação

As Figuras 1a e 1b apresentam o comportamento da variação da soma de nitrato + nitrito durante a defumação nas amostras com diferentes culturas e substrato dextrose e glicose respectivamente. A quantidade de nitrato + nitrito nos salames teve uma redução com o tempo no fumeiro. A quantidade de sal de cura final (nitrato + nitrito) nessa etapa teve uma redução influenciada pela intensa decomposição do nitrito em todas as amostras.

Importante destacar que a cultura BR5 utilizando os diferentes substratos, apresenta a maior redução da combinação de nitrato e nitrito. Segundo Ordóñez et al, 2005, esse comportamento pode ser atribuído às espécies utilizadas na cultura BR5, pois a redução dos nitratos é realizada pelas bactérias da família Micrococaceae, durante as primeiras 24 h, quando os níveis de ácido lático ainda estão elevados. Estas bactérias possuem um sistema nitrato e nitrito redutase que favorece a ocorrência das reações de cura responsáveis pela coloração típica destes produtos cárneos.



(a)



(b)

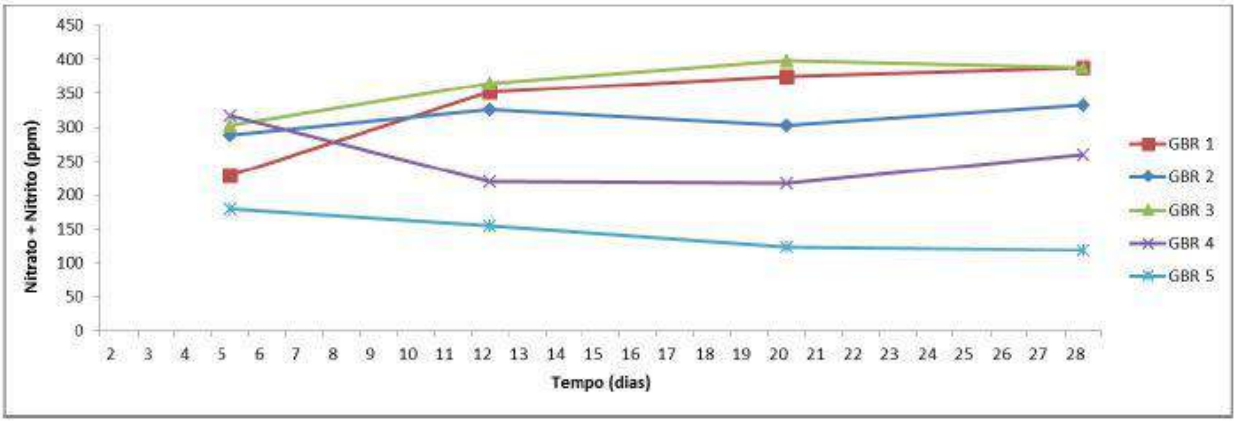
Figura 1a e 1b - Comportamento durante a defumação, da variação de nitrato + nitrito nas amostras com dextrose (a) e glicose (b).

3.2 Maturação

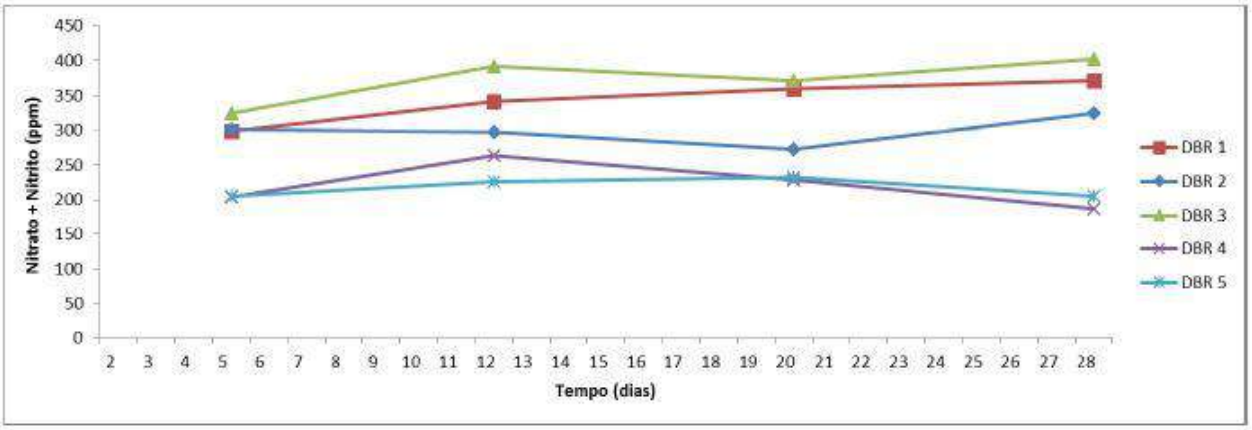
As Figuras 2a e 2b apresentam o comportamento da variação da soma de nitrato + nitrito durante a maturação nas amostras com diferentes culturas e substrato dextrose e glicose respectivamente.

A figura 2a mostra que o resultado expressado nas amostras com substrato dextrose não atende a Legislação IN 51 de dezembro de 2006 que preconiza a quantidade máxima de somatória de nitrato + nitrito em 150ppm (BRASIL, 2000).

A figura 2b que utiliza a amostra com substrato de glicose teve o mesmo comportamento que a dextrose, onde a quantidade de sal de cura final (nitrato + nitrito) nessa etapa também teve uma redução, contudo a amostra GBR5 foi a que apresentou a maior redução, atendendo a especificação da IN 51 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006) onde o valor residual de nitrato + nitrito foi de 118,58 ppm



(a)



(b)

Figura 2a e 2b - Comportamento durante a defumação, da variação de nitrato + nitrito nas amostras com dextrose (a) e glicose (b).

3.3 Shelf-Life

Pode ser visto na figura 3, que os resultados para a soma nitrito mais nitrato variaram para cada amostra, apresentando cada uma, um comportamento individual.

A cultura 5, em substrato de glicose apresentou maior redução das quantidades de nitrito mais nitrato, sendo a única amostra a atender a Instrução Normativa número 51, de 29 de dezembro de 2006, que adota o regulamento técnico de atribuições de aditivos e seus limites das categorias de alimentos – carnes e produtos cárneos. Importante ressaltar que para todas as amostras o nitrito chegou a níveis muito próximos a zero, sendo o nitrato o responsável pelos altos níveis residuais não atendendo a legislação.

Sebranek, (2009) descreve que o nitrato é efetivo como agente de cura somente se for reduzido a nitrito e essa redução depende tipicamente de micro-organismos, tempo e temperatura adequadas.

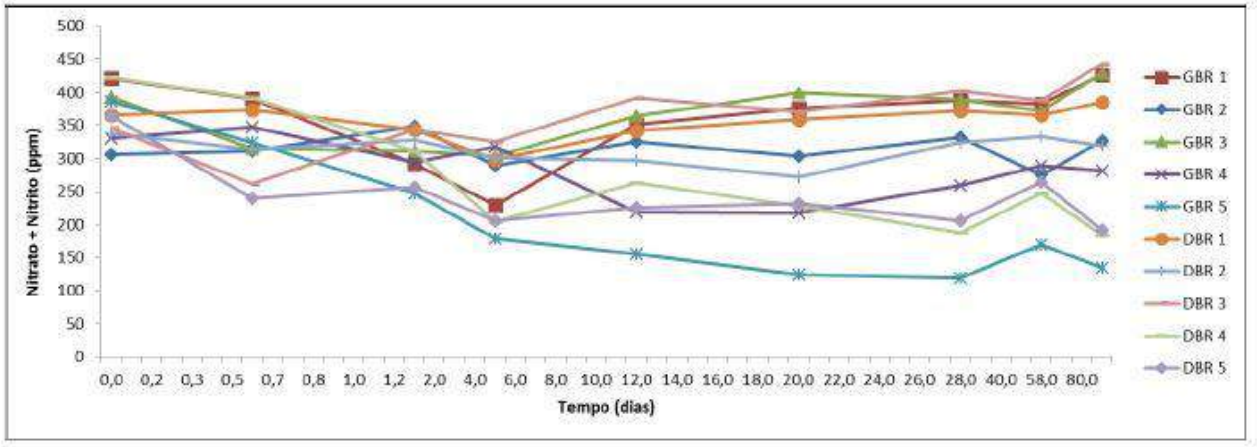


Figura 3. Comportamento da variação da soma de nitrato + nitrito (c) em todas as amostras durante a fermentação, maturação e estocagem de 60 dias.

Os valores apresentados, com exceção da amostra GBR5, não estão de acordo com a Instrução Normativa número 51 de 29 de dezembro de (2006) e com o Oficio Circular número 15 de (2009), que regulamenta o nível máximo residual de nitrito e nitrato de 150 ppm.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram realizadas análises físico-químicas (nitrito e nitrato) do salame tipo Italiano para verificar o comportamento das amostras durante o processamento e shelf-life, as quais foram desenvolvidas com cinco culturas starter e dois substratos, dextrose e xarope de glicose.

Foi possível observar que em todas as amostras de salame tipo Italiano houve comportamento similar em relação aos parâmetros físico-químicos.

A amostra GBR5 foi a única que atendeu os parâmetros de nitrato + nitrito conforme legislação específica.

Embora as culturas starter sejam utilizadas rotineiramente pelas indústrias processadoras de embutidos cárneos fermentados, ainda não se conhecem os detalhes da interação entre a cultura selecionada e as características desejadas em cada alimento. Com isso, faz-se necessário um grande esforço em pesquisa para estudar mais profundamente os aspectos a serem considerados para a escolha de uma cultura para cada embutido, uma vez que, atualmente, é grande a diversidade desses produtos. Além disso, o desenvolvimento de novas linhagens ou misturas pode auxiliar na melhora da padronização e da qualidade dos embutidos fermentados

5. REFERÊNCIAS

BRASIL, Instrução Normativa N° 22, de 31 de julho de 2000. Regulamentos técnicos de identidade e qualidade de salame tipo Italiano. Publicada no Diário oficial da União de 3/08/00.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa n°. 51/2006. Regulamento técnico de atribuição de aditivos e seus limites das seguintes categorias de alimentos: grupo 8 – carnes e produtos cárneos. Diário oficial da União (seção 1), Brasília, 04/01/2007

CAVENAGHI, A. D. Uso da associação de culturas starter na fabricação do salame tipo Italiano. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP, 151 p., 1999.

JAY, J. Microbiologia de Alimentos. 6 ed. Artmed, 2005.

ORDÓÑEZ, J, A., RODRÍGUEZ, M. I. C., ÁLVAREZ, L. F., SANZ, M. L. G., MINGUILLÓN, G, D, G, F., PERALEZ, L, H., CONTECERO, M, D, S. Tecnologia de alimentos. (2th ed.). Porto Alegre: Artmed, 2005..

PISACANE, V., CALLEGARI, M. L., PUGLISI, E.; DALLOLIO, G., REBECCHI, A. Microbial analyses of traditional Italian salami reveal microorganisms transfer from the natural casing to the meat matrix. International Journal of Food Microbiology, v. 207, p. 57–65, 2015.

SEBRANEK, J. G., BACUS, J. Natural and organic cured meat products: regulatory, manufacturing. Marketing, quality and safety issues. American Meat Science Association, n.1, 2007.

TERRA, N. N. Apontamentos de tecnologia de carnes. São Leopoldo: Ed. UNISSINOS, 1998.

ZANARDI, E., GHIDINI, S., CONTER, M., IANIERI, A. Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters, Meat Science, v. 86, nº 3, p. 742-747, 2010.

6. RESPONSIBILITY NOTICE

Os autores são responsáveis pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

MODELING OF FLAXSEED (LINNUM USITATISSIMUM) OIL USING SUBCRITICAL PROPANE

Guilherme Sabadin Piva
Clarice Steffens
Rogério L. Cansian
Natalia Paroul
Thiago André Weschenfelder
Department of Food Engineering, URI Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, 99700-000, Brazil
piva_guilhermehotmail.com
clarices@uricer.edu.br
nparoul@uricer.edu.br
cansian@uri.com.br
thiago.weschenfelder@gmail.com
Elton Franceschi
Franceschi.elton@gmail.com
Center of Research on Colloidal System (NUESC), Institute of Research and technology (ITP), Tiradentes University (UNIT)
49032-490, Aracaju, SE, Brazil

Abstract. *This study evaluation of the kinetic aspects of subcritical extraction process was performed by using two mathematical models (Sovová Model and Esquivel Model) presented in the literature. The subcritical propane process successfully extracted the omega 3-6-9 fatty acids, with good yield in the experimental conditions studied. The models adjusted parameters presented good fitting with the experimental data under the investigated conditions..*
Palavras-chave: *flaxseed oil, subcritical propane, kinetic modeling, Sovová Model, Esquivel Model.*

1. INTRODUCTION

The flaxseed (Linnum usitatissimum) oil has been gaining ground in the natural foods market, due to the benefits to health, such as the prevention of coronary heart disease, some cancers as well as neurological and hormonal disorders (Oomah & Mazza, 2000), blood pressure reduction and lowering bad cholesterol (LDL) in human organism (Cunnane et al., 1995). Most of the benefits to health, attributed to flaxseed oil, are from omega-3 presence (α-linolenic acid), (ALA, 18: 3). Flaxseed oil is the richest source of ALA, and is about 55-60% of total fatty acids (Bozan and Temelli, 2002). Given the potential in flaxseeds for oil production, require up studies that will maximize production and improve the quality of oil obtained in terms of the presence of poly-unsaturated acids.

The mathematical modeling of the overall extraction curves by supercritical technology has been employed by several authors in order to describe the existing experimental data, and from them adjust parameters to simulate extraction processes in other ranges and operating conditions (Nascimento et al., 2016; Ozkal & Yenerb, 2016; Povh et al., 2001; Reverchon and Marrone, 2001; Fiori et al., 2014; Duba and Fiori, 2015; Ozkal et al., 2005) . There are in the literature empirical models based on the format of experimental extraction curves, but most models are based in the mass balance of the process (Oliveira et al., 2011; Sovavá and Stateva, 2011; Melo et al., 2014; Sovová, 1994; Statová et al., 1996). Despite some studies about supercritical CO2 extraction of various oilseed, the literature lacks information of extraction using propane as a solvent at high pressure, and there no work about mass transfer modeling of subcritical propane extraction of flaxseed oil reported.

Therefore, the aims of this work were performed the modeling of overall extraction curves (OEC) of flaxseed oil using subcritical propane. The mathematical modeling was performed by using two models, proposed by Esquível (Esquivel et al., 1999) and Sovavá (Sovová, 1994), and the effects of the extraction conditions on the oil extraction yield, mass transfer coefficients and model parameters were determined.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Experimental Data

The experimental data of this work was based Masters Dissertation of Piva 2016.

2.2 Modeling the overall extraction curves (OEC)

The modeling of the overall extraction curves provides a consistent set of information relating to the operating pressure, temperature and flow rate of solvent, which allows to describe the kinetics of the extraction process and scale-up (Kitzberger at al., 2009.

The experimental data of the propane subcritical extraction process of flaxseed oil were obtained at pressure and temperature ranging from 80 to 120 bar and 20 to 60 °C, respectively. All experiments were performed during 90 min with fixed mass of solid feed material and average solvent flow rate of 16 g and 2.0 mL/min, respectively. For the modeling of the overall extraction curves (mass of extract versus extraction time), two different mass transfer models are used: (1) Esquível model (Esquivel et al., 1999) and (2) the extended Lack's plug flow model (Sovová, 1994).

The Esquível model (Esquivel et al., 1999) describes the extraction curve as one analogy to the Monod kinetics equation for microbial growth. Eq. 1 represents the original empirical equation:

$$m_{ext} = X_0 F_0 \left(\frac{t}{b_e + t} \right) \quad (1)$$

where is the initial mass ratio of extractable solute in the solid (kg.kg-1); is the total mass of solid in the extraction column (kg); t is the extraction time (s); and (s) is the only adjustable parameter of the model.

The extended Lack's plug flow model, developed by Sovova´ [18] of broken and intact cells is based on differential mass balance equations in a fixed bed assuming plug flow and negligible axial dispersion. The initial oil content of the particles and particle size distributions are uniform in the bed. The temperature, pressure and bed porosity (ε) are constant during the extraction in the bed, the solute accumulation in the solvent is negligible.

The analytical solution of the Sovová model is given by three equations corresponding to the mass transfer control mechanism in each step of the extraction curve, described by Eq. (2) to (9).

$$m_{ext} = q_{solv} Y_b \left[1 - \exp(-Z) \right] t \quad \text{for} \quad 0 \le t \le t_{CER} \quad (2)$$

$$m_{ext} = q_{solv} Y_b \left[t - t_{CER} \exp(Z_m - Z) \right] t \quad \text{for} \quad t_{CER} \le t \le t_{FER} \quad (3)$$

$$m_{ext} = m_{si} \left\{ X_0 - \frac{Y_b}{W} \ln \left[1 + \left(\exp\left(\frac{W X_0}{Y_b} \right) - 1 \right) \times \exp\left(\left(\frac{W q_{solv}}{m_{si}} \right) (t_{CER} - t) \right) r \right] \right\} \quad \text{for } t \ge t_{FER} \quad (4)$$

with

$$Z_m = \frac{Z Y_b}{W q_{solv}} \ln \left\{ \frac{1}{1-r} \left[\exp\left(\left(\frac{W q_{solv}}{m_{si}} \right) (t_{CER} - t) \right) - r \right] \right\} \quad (5)$$

$$Z = \frac{k_{ya} m_{si} \rho}{q_{solv} \rho_s} \quad (6)$$

$$W = \frac{k_{xa} m_{si}}{q_{solv} (1 - \varepsilon)} \quad (7)$$

$$t_{CER} = \frac{(1-r) m_{si} X_0}{Y_b Z q_{solv}} \quad (8)$$

$$t_{FER} = t_{CER} + \frac{m_{si}}{W q_{solv}} \ln \left[r + (1-r) \exp\left(\frac{W X_0}{Y_b} \right) \right] \quad (9)$$

where is the mass flow rate of the solvent (kg.s-1); is the solubility of the oil in the solvent (kg oil/kg solvent); t the time of extraction (s); is the initial oil concentration in the solid matrix (kg oil/kg solid); is the mass of solid oil-free basis (kg); the solid density (kg.m-3); the solvent density (kg.m-3); the mass transfer coefficient of the solvent (s-1); ε the bed porosity; the mass transfer coefficient of the solid phase (s-1); r the fraction of easily accessible oil (kg.kg-1); tCER the oil extraction time of the interior of the particles (s); tFER the final time of the extraction of easily accessible solute (s). Z, W, and r are dimensionless parameters of the Sovová model and the three adjustable parameters.

The experimental data were fitted to the mass transfer models the adjustable parameters of the model were calculed by nonlinear regression, using the routine mrqmin (Press et al., 2007) that use the Levenberg-Maquardt method minimizing the sum of least squares, in FORTRAN language, using the software Visual Fortran Compiler (Intel). The root mean square deviation (RMSD) was used for error estimation, as shown in Eq. (10)

$$RMSD = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(m_{pred} - m_{obs}\right)^2} \quad (10)$$

where N is the experimental observation number and mpred and mobs is the mass of the extract predicted and observed, respectively (kg).

To implement of the models, some process variables were necessary. The density of the particle bed, (kg.m-3), was calculated by dividing the mass of sample measured on an analytical balance and the bed volume obtained by measuring height and diameter of the extractor. The values of the solvent density (kg.m-3) were obtained using HBT equation proposed by Hankinson and Thomson (Poling et al., 200). The solvent solubility was determined by the National Institute of Standards and Technology (NIST). The bed porosity was calculated using the specific mass of the particles and the bed density, according to Equation 11:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_L}{\rho_s} \quad (11)$$

where is the solid density (kg.m-3).

3.0 RESULTS AND DISCUSSION

The kinetics of the extraction of flaxseed (Linnum usitatissimum) oil with subcritical propane was investigated by modeling the overall extraction curves using the two models stated above. The conditions considered for modeling purposes were three pressures (80, 100 and 120 bar) and three temperatures (20, 40 and 60 °C). A fixed propane flow rate of 2.00 mL/min was used in all experiments.

The Tab.1 and Tab.2 and Fig.1, 2, 3, 4 and 5 shows the Sovová estimated model parameters and the estimated model parameters Esquível, obtained in all conditions studied in this work and shows the experimental and fitted data, respectively.

Table 1 – Parameter set and root mean square deviation for the Sovová model

Extraction Condition		**Fitted Parameters**						
T [°C].	**P [bar]**	**Z**	**W**	**x_k (kg kg^{-1})**	**t_{CER} (s)**	**k_{ya} 10^{-4} (s^{-1})**	**k_{xa} 10^{-5} (s^{-1})**	**RMSD**
60	80	0.505±0.001	0.071±0.0001	0.2043±0.001	580	3.787	2.827	0.000121
20	80	0.493±0.001	0.064±0.0001	0.2784±0.001	720	3.658	2.694	0.000125
20	120	0.432±0.001	0.061±0.0001	0.1843±0.001	670	3.213	2.931	0.000152
60	120	0.521±0.001	0.075±0.0001	0.1734±0.001	970	3.509	3.031	0.000126
40	100	0.513±0.001	0.073±0.0001	0.3021±0.001	680	3.863	2.905	0.000163

Table 2 – Adjustable parameters and root mean square deviation for Esquivel model

Esquível			
T [°C].	**P [bar]**	**b_e.10^{-3} [s]**	**RMSD**
60	80	5.1±0.0001	0.000127
20	80	4.3±0.0001	0.0000459
20	120	4.7±0.0001	0.000122
60	120	5.2±0.0001	0.0000432
40	100	5.7±0.0001	0.000165

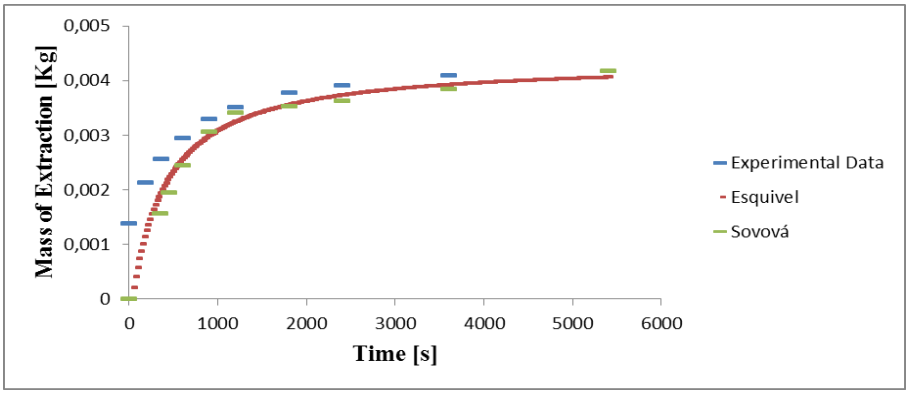


Figure 1: Experimental Conditions to 80bar and 20ºC

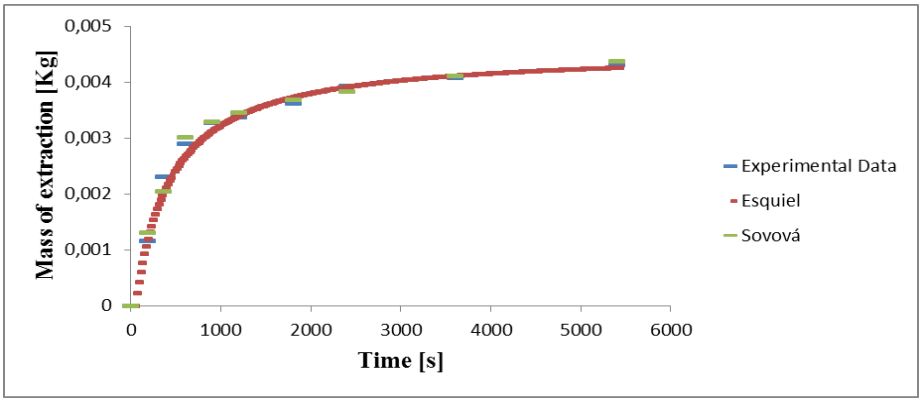


Figure 2: Experimental Conditions to 80bar and 60ºC

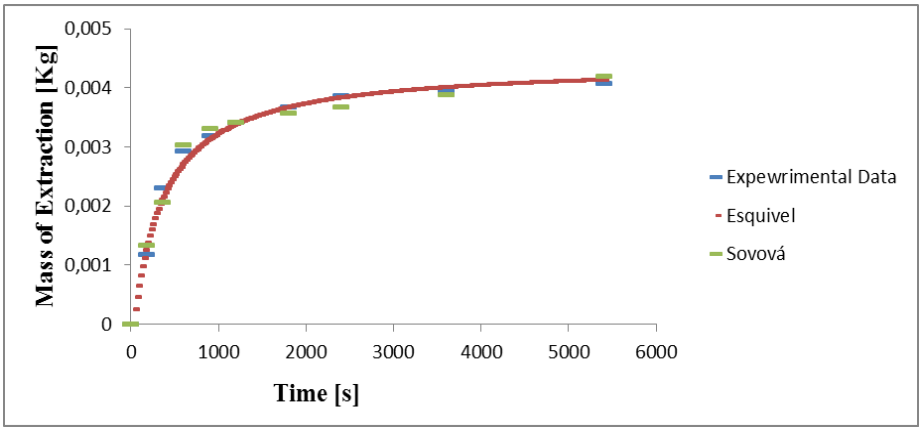


Figure 3: Experimental Conditions 120bar and 20ºC

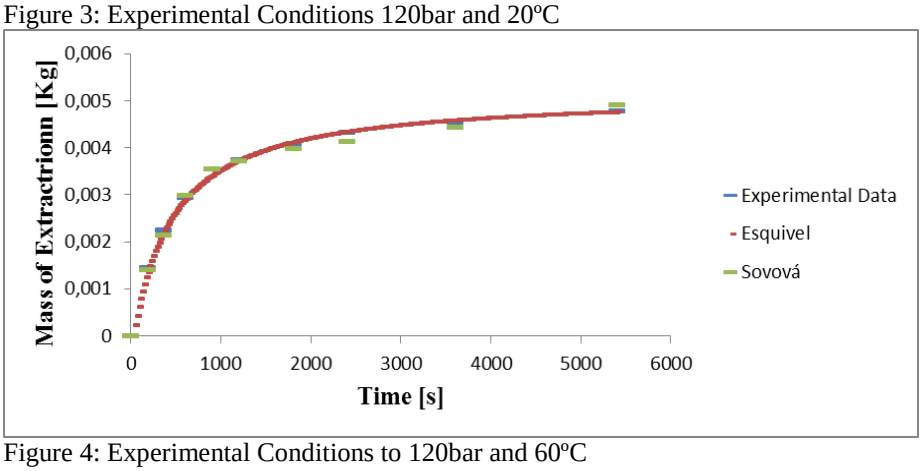


Figure 4: Experimental Conditions to 120bar and 60ºC

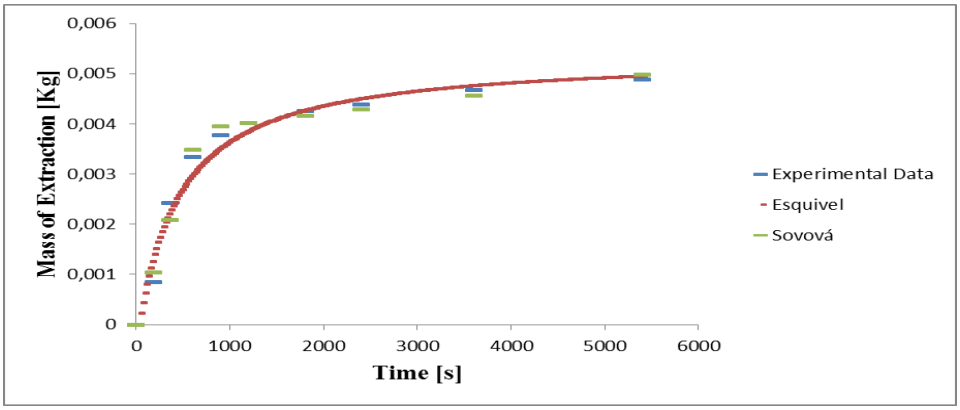


Figure 5: Experimental Conditions 100bar and 40ºC

As it can be observed in Fig.1-5, the effect of the extraction parameters indicated no significant increase in the mass of oil extracted with the increasing of pressure or temperature studied. As appointed by (Nascimento et al., 2016) higher solvent densities were responsible for the enhancement of the solute solubility and, consequently higher extraction rates could be achieved. No significant change in the propane density was observed in the experimental conditions studied (at 20°C, with pressure increasing from 80 to 120 bar, the density of the solvent varied from 0.461 to 0.525 g/cm3, and at 60°C, with pressure increasing from 80 to 120 bar, the density of the propane varied from 0.511 to 0.473 g/cm3). This behavior explain the similar yield obtained in all extraction curves. Similar results were obtained by (Oskal and Yener, 2016) using supercritical carbon dioxide in flaxseed oil extraction, with work pressures above 400 bar.

The Fig. 1-5 also shows fitted data for the two models used in this work. In general, the best overall fittings were achieved by the Esquivel model, follow by the Sovová presented the worst fitting, which is corroborated by the values of the root mean square deviation (RMSD), presented in the Table 1 and Table 2. No clear trend was observed related the RMSD values with the effect between the temperature and pressure. The Sovová model represented well the experimental data, principally for the linear portion of the extraction curve. In addition, the Esquível model showed the lowest RMSD data in comparison with the Sovavá model probably because this model neglected the solubility parameter (with temperature dependence) for the curve modeling and therefore the transition between internal and external mass transfer resistance is only represented by the adjustable parameter be (Kitzberger et al., 2009).

The parameter set for the Sovavá model is listed in Table 2. As it can see, the values of kya were higher than the k_{xa} values (both calculated by the Eq. 6 and 7, respectively). This trend indicate that the effect of the convection mechanism of mass transfer was more representative than the diffusion mechanism, for the flaxseed oil extraction. Is possible observe that the values of k_{ya} decrease with the rise of the pressure, this behavior is because of the increase in mass transfer resistance due to the decrease in the diffusivity of the oils in propane subcritical extraction at high pressure. Similar trend was observed for the flaxseed oil using CO_2 supercritical extraction (Ozkal and Yenerb, 2016). In contrast, the value of k_{xa} increased with pressure increase. Özkal and Yenerb, (2016) affirm that this increased in this parameter because the destructive effect of high pressures on solid structure of the seed. Analyzing the effect of the temperature, the values of k_{ya} and k_{xa} rise with the increasing of temperature from 20 to 60 °C, with different fixed pressure of 80, 100 and 120 bar. An increases in the temperature, like an increases of pressure, increases the diffusivity of the oil in subcritical propane so the mass transfer resistance decreases.

4. CONCLUSION

This study demonstrate the Esquivel and Sovová models employed described adequately the experimental extraction kinetic curves and the Esquivel presented the best adjust.

5. REFERENCES

Bozan, B and Temelli, T., 2002. “Supercritical CO2 extraction of flaxseed”. *J. Am Oil Chem. Soc*. 79, 231-235. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.02.013

Cunnane, S.C., Hamadeh, M.J., Jenkins, D.J.A., Liede, A.C., Thompson, L.U and Wolever, T.M.S., 1995. “Nutritional attributes of traditional flaxseed in healthy young adults”. Am. *J. of Clin. Nutr*. 61, 62-68.

De Melo, M.M.R., Silvestre, A.J.D and Silva, C.M., 2014. “Supercritical fluid extraction of vegetable matrices: applications, trends and future perspectives of a convincing green technology”. *J. Supercrit. Fluids* 92, 115–176. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.04.007

Duba, K.S and Fiori, L., 2015. "Supercritical CO2 extraction of grape seed oil: effect of process parameters on the extraction kinetics". *J. Supercrit. Fluids* 98, 33–43. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.12.021

Esquível, M.M., Bernardo-Gil, M.G and King., M.B, 1999. "Mathematical models for supercritical extraction of olive husk oil". *J. Supercrit. Fluids* 16, 43–58. https://doi.org/10.1016/s0896-8446(99)00014-5

Fiori, L., Lavelli, V., Duba, K.S., Harsha, P.S.C.S., Mohamed, H.B and Guella, G., 2014 "Supercritical CO2 extraction of oil from seeds of six grape cultivars: modeling of mass transfer kinetics and evaluation of lipid profiles and tocol contents". *J. Supercrit. Fluids* 94, 71–80. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.06.021

Kitzberger, C. S.G., Lomonaco, R. H., Michielin, E. M. Z., Danielski, L., Correia, J and Ferreira, S. R. S., 2009. "Supercritical fluid extraction of shiitake oil: Curve modeling and extract composition". *J. Food Eng*. 90, 35–43. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.05.034

Nascimento, A. D. P., Soares, L. A. L., Stragevitch, L and Danielski, L., 2016. "Extraction of Acrocomia intumescens Drude oil with supercritical carbon dioxide: Process modeling and comparison with organic solvent extractions". *J. Supercrit. Fluid* 111, 1-7. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.01.013

Oomah, B.D and G. Mazza, G., 2000. "Bioactive components of flaxseed: Occurrence and health benefits". In F. Shahidi & C. T. Ho (Eds.), Phytochemicals and phytopharmaceuticals (pp. 105–120). Champaign: AOCS Press

Özkal, S.G and Yenerb, M.E., 2016. "Supercritical carbon dioxide extraction of flaxseed oil: Effect of extraction parameters and mass transfer modeling". *J. Supercrit. Fluid* 112, 76-80. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.02.013

Özkal, S.G., Yener and M.E., Bayındırlı, L., 2005. "Mass transfer modeling of apricot kernel oil extraction with supercritical carbon dioxide". *J. Supercrit. Fluids* 35, 119–127. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2004.12.011

Piva, S.P.," Avaliação da Qualidade do Óleo de Linhaça Marrom (Linum usitatissimum L.) Obtido por Diferentes Técnicas de Extração". Dissertação de Mestrado do Programa de Pós - Graduação em Engenharia de Alimentos da URI - Erechim –RS.

Povh, P., Marques, M.O.M. and Meireles, M.A.A., 2001. "Supercritical CO2 extraction of essential oil and oleoresin from chamomile (Chamomilla recutita [L.]Rauschert)". *J. Supercrit. Fluids* 21, 245–256. https://doi.org/10.1016/s0896-8446(01)00096-1

Reverchon, E and Marrone, C., 2001. "Modeling and simulation of the supercritical CO2 extraction of vegetable oils", *J. Supercrit. Fluids* 19, 161–175. https://doi.org/10.1016/s0896-8446(00)00093-0

Sovová, H., 1994. "Rate of the vegetable oil extraction with supercritical CO2" – I. Modelling extraction curves. *Chem. Eng. Sci.* 49, 409–419. https://doi.org/10.1016/0009-2509(94)87012-8

Stastová, J., Bártlová, M., Jez, J and Sovová, H., 1996. "Rate of the vegetable oil extraction with supercritical CO2 – III. Extraction from sea buckthorn". *Chem. Eng. Sci.* 51, 4347–4352F. https://doi.org/10.1016/0009-2509(96)00263-1

6. RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA CONCENTRAÇÃO E NO FLUXO PERMEADO DA MEMBRANA DE ULTRAFILTRAÇÃO

Ilizandra Aparecida Fernandes[1*]
Willian Eduardo Trentin[1]
Danieli Bucior[1]
Evelin Garibotti Modzelewski[1]
Caroline Chies Polina[1]
Cintia Marciniak[1]
Bruna Maria Saorin Puton[1]
Carolina Elisa Demaman Oro[1]
Sidiane Iltchenco[1]
Juliana Steffens[1]
Eunice Valduga[1]
[1]Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI-Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil
*e-mail: ilizandrafernandes@yahoo.com.br

***RESUMO**: A recuperação de soro de leite utilizando tecnologia de separação por membranas se tornou uma importante alternativa, especialmente a ultrafiltração (UF), que vem sendo empregada pelas indústrias de laticínios para obtenção de concentrados protéicos. Este processo permite a concentração seletiva das proteínas em relação aos outros componentes de natureza não proteica, sendo o fluxo permeado um fator determinante para eficiência do processo, pois o mesmo depende das propriedades da membrana, das condições de operação tais como a pressão aplicada, velocidade de escoamento tangencial, fator de concentração e das características da solução a ser filtrada. Desta forma o presente trabalho visou avaliar o comportamento do fluxo permeado e do concentrado de soro de leite, utilizando membrana de ultrafiltração de 10 kDa. Através dos dados obtidos pode-se concluir que o fluxo permeado (18 L/m^{2}h) na pressão de 2 bar, apresentou melhor resultado, utilizando membrana de 10 kda. Quanto as proteínas, β-lactoglobulina e α-lactoalbumina o processo de concentração de soro de leite utilizando membrana de UF (10 kda), foi eficiente.*

***Palavras – chave:** Concentração, Fluxo permeado, eletroforese, ultrafiltração.*

1. INTRODUÇÃO

A elavada carga de efluente oriunda da produção de queijo, tem sido uma fonte de contaminação orgânica, na industria de laticinios. A presenca de resíduos orgânicos, como proteínas, lactose e gorduras, que ainda podem ser utilizados e a preservação do meio ambiente, tem sido um fator primordial para o estudo do aproveitamento do soro de leite, visando reduzir o impacto ambientar deste resíduo (Marques et al., 2011; Baldasso et al., 2014; Wen-Qiong et al., 2017). Nesse sentido, várias pesquisas tem sido realizados para a recuperação de sais minerais, vitaminas, proteínas e carboidratos que estão presentes no soro de leite (Leindecker, 2011).

O processo de separação por membranas (PSM) vem se destacando tanto no ponto de vista tecnológico quanto econômico, como forma de recuperação destes nutrientes, pois apresenta grande potencial, sendo que a partir da separação do soro podem-se criar novos produtos que podem ser utilizados pelas indústrias de laticínios, visando aumentar o valor nutritivo, bem como reduzir impactos ambientais devido ao lançamento do soro em corpos receptores. Dependendo do mecanismo de transporte utilizado e a força motriz, os processos de separação por membranas são divididos em três classes: a Microfiltração (MF), a Ultrafiltração (UF) e a Nanofiltração (NF), as quais são diferenciadas pelo tamanho de seus poros, sendo a força motriz o gradiente de potencial químico, ou potencial de pressão (Baldasso, 2008; Leidens, 2013; Di et al., 2017).

Ressaltando que a ultrafiltração é um processo convectivo conduzido pela pressão transmembranar para concentrar a solução marcromolecular ou recuperar constituintes valiosos de fluidos. Sendo aplicada em um variedade de campos da indústria química e para concentração do soro de leite (Yeh e Hsu, 2013). Assim o estudo da pressão é

um fator que determina a eficiencia do processo de concentração e fluxo de permeado sem causar danos a a membrana, e a tecnica de eletrofores tem permitido avaliar a a eficiencia do processo, visando identificar as proteinas retidas nas condicoes avaliadas (Leindecker, 2011; Marques et al., 2011; Yadav et al., 2016).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento do fluxo permeado e do concentrado de soro de leite em relação a pressão, utilizando membrana de UF a 10 kDa.

2 METODOLOGIA

As amostras de soro de leite *in natura* foram gentilmente cedidas pelo Laticínio Renner S.A – RELAT, o qual beneficia soro de leite em pó na região Sul do Brasil. Primeiramente o soro de leite foi filtrado em membrana de 50 kDa de UF, visando reter partículas em suspensão. O permeado desta membrana foi utilizado como alimentação o processo de UF da membrana de 10 kDa.

2.1 Sistema de UF em escala laboratorial

Foi utilizada uma membrana de UF plana de 10 kDa com área de 0,0015 m^2 e os experimentos foram realizados em escala laboratorial (Figura 1). O sistema era composto por: Banho ultratermostato (Quimis-0214 M2) utilizado para manter a temperatura constante do sistema, através do módulo da membrana encamisado, na temperatura definida experimentalmente; Cilindro de nitrogênio (N2 analítico 5.0- White Martins) responsável pela pressurização do sistema; Módulo de separação com membrana (um sistema em batelada, com escoamento convencional e com volume de 200 mL, de aço, dividido em 3 sessões: a inferior, composta pela base e com um suporte perfurado para a membrana, na qual, era acoplado à parte central por 2 anéis de vedação e 4 parafusos para promover vedação necessária ao sistema, onde foi fechado com a parte superior que possuía mais um anel de vedação com uma conexão para fazer a alimentação do sistema com o gás nitrogênio e agitador magnético (Fisaton) para manter o sistema sob agitação. As condições operacionais foram temperatura de 10 ºC e pressões de 1, 2 e 3 bar, com base no trabalho de Iltchenco (2016).

Figura 1. Vista geral da unidade de UF em escala laboratorial: banho ultratermostato (BR1), cilindro de nitrogênio (C1), módulo com membrana (M), entrada de gás (E), saída do permeado (S) e agitador magnético (AM).

2.2 Avaliação do fluxo

O fluxo de permeado representa uma variável crítica para qualquer processo com membranas. Pode ser definido como o volume da solução alimentada que permeia através da membrana numa determinada área e em um determinado tempo. Neste trabalho foram coletados volumes de permeado a cada 10 min utilizando uma proveta graduada. O fluxo foi obtido através da equação 1.

$$Jp = \frac{V}{A*t} \quad (1)$$

Onde: Jp é o fluxo do permeado em (L/m^{2}h); A é a área permeável da membrana (m²); V é o volume de permeado coletado (L) em função do tempo (t) para permeação (h).

2.3 Frações das proteínas - Eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE)

Para verificar o tamanho das partículas dos concentrados e permeados da UF com membrana de 10 kDa foi realizado uma eletroforese de acordo com metodologia descrita por Laemmli (1970).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados medidas de fluxo permeado do soro de leite do nas pressões de 1, 2 e 3 bar, conforme apresentado na Figura 2.

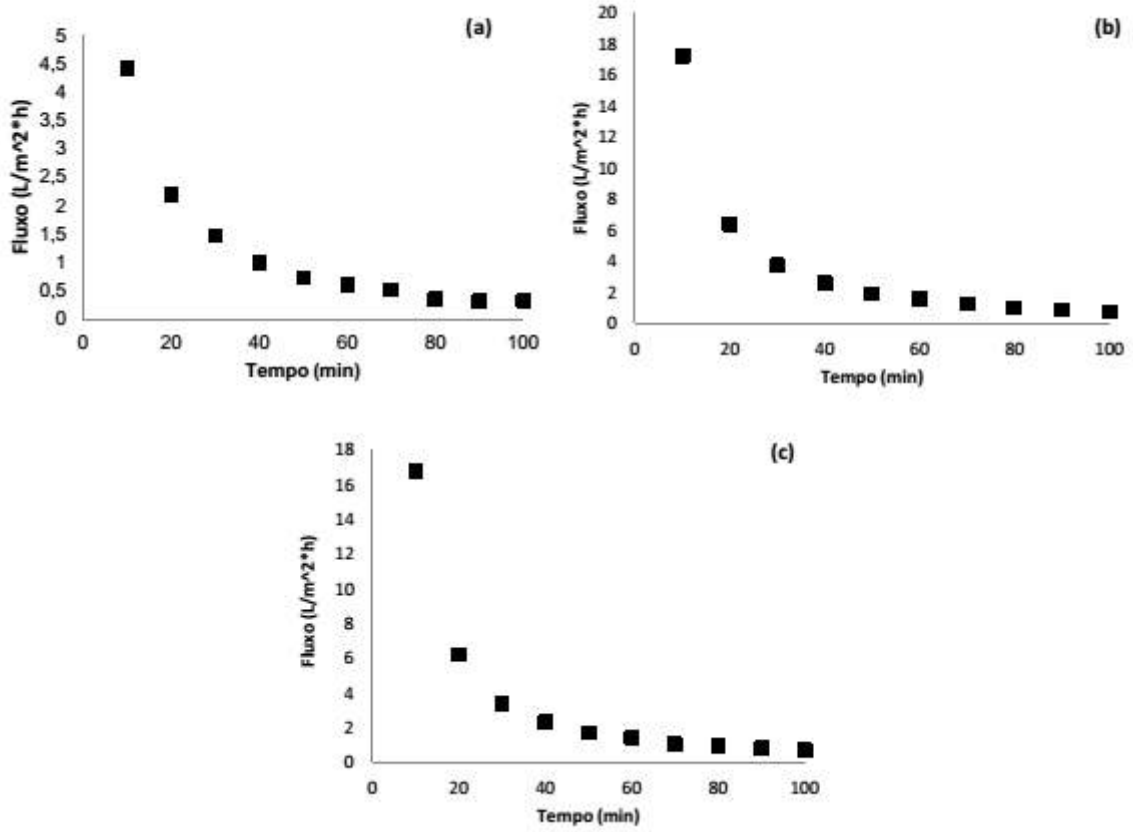


Figura 2. Fluxo permeado de soro de leite em função do tempo, para membrana de 10 kDa à temperatura de 10°C nas pressões de 1 (a), 2 (b) e 3 (c) bar.

Com os experimentos pode-se verifica-se que na pressão de 1 bar o fluxo máximo foi de (5 L/m^{2}h), já nas pressões de 2 e 3 bar os comportamentos de fluxo foram semelhantes, ou seja, maiores fluxos (18 L/m^{2}h), sendo o que se deseja em sistema de membranas. No entanto, como a pressão de 2 bar em termos de custo é menor, então seria indicado o uso desta pressão no processo, principalmente se for efetuado um *scale up* do processo.

A Figura 3 apresenta os principais constituintes que representam as proteínas do permeado de leite obtido na membrana de UF de 50 kDa (S), dos concentrados (1C, 2C e 3C) e permeados (1P, 2P e 3P) a 1, 2 e 3 bar obtidos com UF em membrana de 10 kDa, através da análise da eletroforese. Onde P é o marcador de massa molar (200, 150, 120, 100, 85, 70, 60, 50, 40, 30, 25, 20, 15 e 10 kDa).

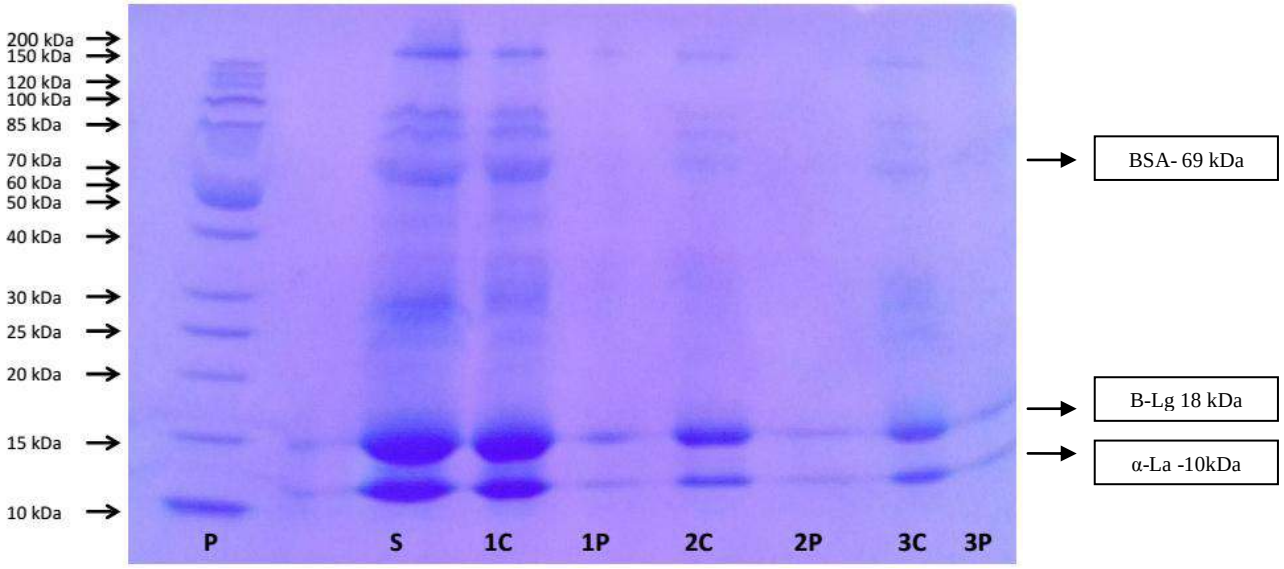


Figura 3. Imagem dos géis de eletroforese SDS-PAGE para membrana de UF.

Pode-se observar no gel de eletroforese que os concentrados apresentam um sinal forte para ambas as proteínas, β-lactoglobulina (18 kDa) e α-lactoalbumina (10 kDa), indicando que estas ficaram retidas na membrana, no entanto ainda são observadas no permeado, pois as membranas podem não apresentar tamanho de poros uniformes, podendo ocorrer ainda um pouco da passagem destas proteínas. Para as frações concentradas e para o permeado (S) além das proteínas β-Lg e α-La, pode observar a banda correspondente a albumina de soro bovina (BSA) (69 kDa).

4. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, pode-se concluir que o fluxo de permeado (18 L/m^2h) na pressão de 2 bar, apresentou melhor resultado, utilizando membrana de 10 kDa. Em relação as proteínas, β-lactoglobulina e α-lactoalbumina o processo de concentração de soro de leite utilizando membrana de UF (10kDa), foi eficiente. Desta forma, este trabalho contribuiu para viabilizar um *scale up* do processo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq e a URI-Erechim pelo apoio financeiro e infraestrutura.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baldasso, C. Concentração, purificação e fracionamento das proteínas do soro lácteo através da tecnologia de separação por membranas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química),Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 179p, 2008

Baldasso, C.; Barros, T. C.; Tessaro, I. C. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. Desalination, v. 278, p. 381-386, 2011.

Baldasso, C.; Marczak, L.; Tessaro, I. A comparison of different electrodes solutions on demineralization of permeate whey. Separation Science and Technology, 49(2), 179–185, 2014.

Di, H.; Martin, G. J. O.; Dunstan, D. E. A microfluidic system for studying particle deposition during ultrafiltration. Journal of Membrane Science, 532, 68–75, 2017.

Iltchenco, S. Concentração de soro de leite por ultrafiltração. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e Missões- URI, Erechim, 2016.

Laemmli, U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4, Nature, v. 227, p. 680–685, 1970.

Leindeker, G. C. Separação das proteínas do soro de leite *in natura* por Engenharia Química)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Brasil, 2011.

Leidens, N. Concentração das proteínas do soro de leite de ovelha por ultrafiltração e determinação das propriedades funcionais dos concentrados proteicos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos)- Universidade federal do Rio Grande do Sul, 2013.

Marques, F. M; Sa, J. F. O; Santos, M. C; Martins, M. F; Furtado, M .A. M. Caracterização de leite em pó, soro de leite em pó e suas misturas por eletroforese em gel de poliacrilamida. Rev Inst Adolfo Lutz. São Paulo, v.70 (4):473-479, 2011.

Yadav, J.S.S.; Yan, S.; Ajila, C. M.; Bezawada, J.; TyagI, R. D.; Surampalli, R. Y. Food-grade single-cell protein production, characterization and ultrafiltration recovery of residual fermented whey proteins from whey. Food and bioproducts processing 99, 156–165, 2016.

Yeh, H. M; Hsu, C.H. Analysis of dialysis coupled with ultrafiltration through concurrently parallel-flow rectangular membrane modules. Chemical Engineering and Processing 69, 90– 94, 2013.

Wen-Qiong, W.; Lan-Wei, Z.; Xue, H.; Yi, L. Cheese whey protein recovery by ultrafiltration through transglutaminase (TG) catalysis whey protein cross-linking. Food Chemistry 215, 31–40, 2017.

7 . RESPONSABILIDADE

Os autores Ilizandra Aparecida Fernandes, Willian Eduardo Trentin, Danieli Bucior, Evelin Garibotti Modzelewski, Caroline Chies Polina, Cintia Marciniak, Sidiane Iltchenco, Bruna Saorin Puton, Juliana Steffens, Eunice Valduga são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE POLPA DE TOMATE EM EVAPORADOR

Carolina Elisa Demaman Oro[1]*
Bruna Maria Saorin Puton[1]
Andressa Trentin[1]
Ilizandra Aparecida Fernandes[1]
Juliana Steffens[1]
Geciane Toniazzo Backes[1]
[1] Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), 99709-910, Erechim, RS, Brasil.
e-mail: carolina.oro@hotmail.com.

Resumo. *A polpa de tomate crua possui em sua composição uma elevada taxa de umidade, portanto, antes de seu uso, é necessário um processo de concentração, onde o excesso de água é evaporado até se atingir a consistência desejada. O objetivo do presente trabalho consistiu em avaliar a concentração de polpa de tomate em evaporador. Os frutos a serem utilizados foram lavados, secos e pesados para posterior cálculo de rendimento. Após, os frutos foram submetidos a trituração em liquidificador e registrou-se os valores iniciais de pH, cor e sólidos solúveis totais (SST) (°Brix). O rendimento foi de 20,6 % (240 g) de extrato de tomate utilizando inicialmente 2 kg de frutos in natura. Os valores obtidos para a luminosidade L*, indicaram que o extrato de tomate adquiriu uma coloração mais intensa em relação ao tomate in natura. No presente trabalho estipulou-se o final da cocção utilizando o parâmetro de SST de 22 ºBrix, sendo que este valor está de acordo com o preconizado pela legislação vigente. O valor de pH para o extrato foi de 3,6, bem abaixo do valor crítico de crescimento de microrganismos. O extrato de tomate elaborado encontra-se dentro dos parâmetros preconizados pela legislação para o extrato de tomate simples concentrado.*

Palavras-chave: *Extrato de tomate, Concentração, Evaporação*

1. INTRODUÇÃO

O tomate é um produto agrícola que ocupa o segundo lugar entre as hortaliças no que se refere à área cultivada e o primeiro lugar em volume industrializado (Camargo Filho e Mazzei, 1996). O tomateiro é originário do Peru, Equador e Bolívia, tendo sido cultivado no México, de onde foi levado para a Europa.

A vida útil pós-colheita dos tomates é curta devido ao amolecimento excessivo, a desidratação e a podridões que ocorrem nesta fase. O tomate é um fruto climatérico, por isso inicia seu amadurecimento com a elevação na taxa respiratória, o que resulta em uma série de transformações físico-químicas. No pós-colheita essas transformações são mais rápidas à medida que há um aumento na temperatura de armazenamento dos frutos, sendo de extrema importância o correto manejo da temperatura (Kluge e Minami, 1997).

A polpa de tomate crua possui em sua composição uma elevada taxa de umidade, portanto, antes de seu uso, é necessário um processo de concentração, onde o excesso de água é evaporado até se atingir a consistência desejada. Essa técnica proporciona maior estabilidade à deterioração microbiana (alcançada pela redução da atividade de água), diminuição de custos de elaboração, armazenamento e transporte decorrentes da grande redução de peso e de volume.

Segundo a Resolução n°12 de 1978 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, extrato de tomate é o produto resultante da concentração da polpa de frutos maduros e sãos do tomateiro *Solanum lycoperaicum* por processo tecnológico adequado. Podendo ser designado por "Extrato de tomate", podendo também ser denominado "massa de tomate" ou "concentrado de tomate" (Brasil, 1978).

O extrato de tomate é classificado segundo sua concentração em:

a) purê de tomate: produto que apresenta teor mínimo de 9% p/p para substância seca, excetuando-se o cloreto de sódio;
b) extrato de tomate simples concentrado: mínimo de 18% p/p de substância seca, excetuando-se o cloreto de sódio;
c) extrato de tomate duplo concentrado: mínimo de 25% p/p de substância seca, exceto cloreto de sódio;
d) extrato de tomate triplo concentrado: mínimo de 35% p/p de substância seca, exceto cloreto de sódio.

O extrato de tomate deve ser preparado com frutos maduros, escolhidos, sãos, sem pele e sementes. É tolerada a adição de 1% de açúcar e de 5% de cloreto de sódio. O produto deve estar isento de fermentações e não indicar processamento defeituoso.

O objetivo do presente trabalho foi a avaliação da concentração de polpa de tomate em evaporador.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Usina Piloto de Frutas e Vegetais da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim.

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cultivar Carmem, foi adquirido no comércio local em Erechim-RS, em estágio de maturação. O tomate apresentou consistência firme e coloração característica vermelha de seu estado de maturação.

Os tomates maduros (2 kg) foram higienizados, pesados e submetidos ao descascamento e retirada de sementes de forma manual. Os frutos a serem utilizados foram pesados para posterior cálculo de rendimento. Após, os frutos foram submetidos a trituração em liquidificador (Britânia®) e registrou-se os valores iniciais e finais de pH, cor e sólidos solúveis (°Brix).

Para a concentração da polpa de tomate utilizou-se um tacho encamisado (Geiger®, modelo 3678) (Figura 1), sendo a temperatura de cozimento de 90 °C por cerca de 2 h, com agitação constante. O ponto final de cocção foi estipulado em 22° Brix.

Os tomates foram submetidos ao processamento com vista à obtenção do extrato de tomate simples concentrado, seguindo os procedimentos apresentados no fluxograma na Figura 2.

Figura 1. Tacho encamisado (Geiger®, modelo 3678) utilizado para a obtenção do extrato de tomate. Fonte: Os autores.

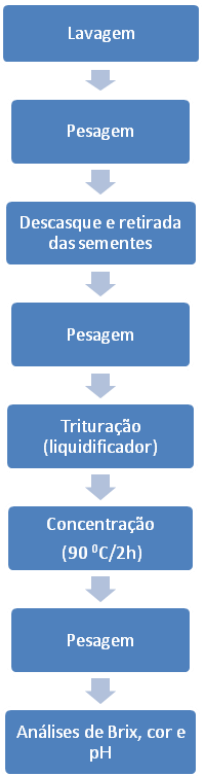


Figura 2. Fluxograma do processo de elaboração de extrato de tomate. Fonte: Os autores.

2.1 Determinação objetiva de cor

A cor objetiva foi determinada em colorímetro CR-400 Minolta Chromameter (Minolta Cia Ltda.®), no espaço CIE L*a*b*, onde L* = luminosidade, a* = intensidade da cor vermelha e b* = intensidade da cor amarela (Stewart *et al*., 1965). O aparelho foi calibrado com uma placa branca, em seguida as determinações foram realizadas aproximando o aparelho da amostra em uma placa de petri. A leitura foi realizada em triplicata.

2.2 Sólidos Solúveis Totais (°Brix)

A concentração de sólidos solúveis totais (SST) na amostra foi realizada através de leitura direta com auxilio de um refratômetro (Bel Equipamentos®) com escala de 0 a 32 ºBrix, devidamente calibrado com água destilada. Os resultados foram expressos em °Brix (g de sólidos solúvei s/100 g de amostra).

2.3 Concentração hidrogeniônica (pH)

As determinações de pH foram realizadas com auxilio de um pHmetro (Analiser®), devidamente calibrado com soluções tampão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a legislação vigente, o extrato elaborado neste trabalho classifica-se em extrato de tomate simples concentrado.

3.1 Rendimento

O processamento de extrato de tomate revelou-se dispendioso economicamente, uma vez que o peso inicial dos frutos foi de 2,05 kg, porém após a efetuação do descasque e da retirada das sementes, registrou-se o peso de 1,215 kg, representando uma perda de 0,835 kg. A polpa depois da trituração apresentou um peso final de 1,165 kg. No processo de cocção parte da água foi evaporada, sendo assim, o peso final de extrato pronto foi de 240 g (20,6 %). Monteiro *et al*. (2008), avaliaram os tomates da espécie *Lycopersicon esculentum* Mill e encontraram um teor de umidade para o tomate sem semente e sem casca de 95,88% e para o tomate com semente e com casca de 85,09%. O alto valor de umidade encontrado pelos autores colabora com o rendimento de extrato de tomate do presente estudo.

3.2 Cor

Para os produtos à base de tomate, a cor é um dos principais parâmetros de qualidade. Aliado as alterações de cor, podem ocorrer ainda alterações de odor e sabor do produto, deteriorando suas características iniciais. A perda da cor vermelha característica é decorrente da oxidação de pigmentos carotenoides e da formação de compostos escuros devido, principalmente, à reação de Maillard (escurecimento não enzimático) (Luh, 1960; Luh *et al*., 1964; Oliveira *et al*., 1991). Os valores encontrados para os parâmetros de cor estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores encontrados para os parâmetros de cor L*, a* e b*.

	Parâmetros de cor		
Amostras	**L***	**a***	**b***
Tomate *in natura*	29,23 ± 2,06	14,58 ± 0,46	11,68 ± 0,31
Extrato de Tomate	13,67 ± 0,33	12,79 ± 0,42	13,89 ± 0,74

De acordo com a Tabela 1, os valores obtidos para a luminosidade L*, indicaram que o extrato de tomate adquiriu uma coloração mais intensa em relação ao tomate *in natura*. Quanto à variação de cor, medida pelo parâmetro a*, constatou-se que houve uma variação, sendo o menor valor encontrado para o extrato. Quanto ao parâmetro b*, que mede a variação do azul (-b) ao amarelo (+b), observou-se que a presença da cor vermelha aumentou à medida que a polpa de tomate foi concentrada.

A Figura 3 apresenta a coloração final obtida para o extrato de tomate.

Figura 3. Coloração final obtida para o extrato de tomate do presente estudo.

3.3 Sólidos Solúveis Totais (°Brix)

Segundo a Resolução n°12 de 1978 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, o extrato de tomate deve possuir concentração mínima de 18° Brix (Brasil, 1978). O valor de Brix pode sofrer variação devido às variedades, cultivares, maturidade na colheita, áreas de produção, e/ou condições culturais. Os valores de °Brix do tomate *in natura* e do extrato de tomate encontrados no presente trabalho são apresentados na Tabela 2.

Durante o amadurecimento e armazenamento costumam ocorrer mudanças nas características químicas, como por exemplo no teor de sólidos solúveis totais. Grande parte dos sólidos solúveis totais (SST) em tomates é composta por açúcares (glicose e frutose) e constituem importantes componentes do sabor dos frutos, principalmente no equilíbrio com os ácidos orgânicos (Kluge e Minami, 1997).

Tabela 2. Valores de Sólidos Solúveis Totais (°Brix) para o tomate *in natura* e para o extrato de tomate.

Amostras	**Brix (g/100g)**
Tomate *in natura*	2,6
Extrato de Tomate	22

O valor de °Brix encontrado no presente trabalho é inferior ao encontrado por outros trabalhos. De acordo com Hobson e Davies (1971), o teor de SST aumenta durante a maturação e amadurecimento e sua tendência é declinar

durante o armazenamento, resultando em uma perda na qualidade comestível. Possivelmente, diferença encontrada é devido a maturidade na colheita e as condições culturais da região de plantio.

Borguini e Silva (2005), investigando as características químicas de tomate *in natura* do cultivar Carmem, encontraram o valor de sólidos sólúveis totais de 4,7 e 4,2 ºBrix para o tomate convencional e para o tomate orgânico, respectivamente.

Tavares e Rodriguez-Amaya (1994) em seu estudo avaliaram o conteúdo de sólidos solúveis totais dos frutos de tomate cultivar Santa Clara comercializados em Campinas (SP) e obtiveram valores entre 3,8 e 4,6 Brix.

Martinez-Valverde et al. (2002) avaliaram nove diferentes cultivares de tomate produzidos na Espanha e registraram teores de sólidos solúveis totais entre 4,0 e 7,5 Brix. De acordo com Chitarra & Chitarra (1990), o conteúdo de sólidos solúveis totais indica o grau de doçura do produto.

Neste trabalho estipulou-se o final da cocção utilizando o parâmetro de SST de 22 ºBrix, sendo que este valor está de acordo com o preconizado pela legislação vigente. Para o extrato de tomate simples Rodrigues et al. (2012) obtiveram o valor de SST de 18 ºBrix.

3.4 Concentração hidrogeniônica (pH)

A polpa de tomate é um produto classificado como ácido, seu pH é inferior a 4,3 e, portanto, de relativa agressividade ao material de embalagem. A acidez nos produtos derivados de tomate é devido ao ácido cítrico livre e aos citratos presentes no tomate (Leitão, 1986).

O conhecimento do pH em produtos de tomate é importante, pois o desenvolvimento de micro-organismos, como o *Bacillus coagulans, Clostridium botulinum* e C. *butiricum* podem deteriorar o produto quando o pH ultrapassar o valor de 4,3 (Embrapa, 2003). O resultado do pH apresentado na Tabela 3 mostrou que a amostra de extrato de tomate possui um valor de pH de 3,6, bem abaixo do valor crítico de crescimento de microrganismos.

Tabela 3. Valores de pH para o tomate *in natura* e para o extrato de tomate.

Amostras	**pH**
Tomate *in natura*	4,03
Extrato de Tomate	3,60

Borguini e Silva (2005) avaliaram tomates in natura co cultivar Carmem e obtiveram valores de pH de 4,4 e 4,3 para toamtes produzidos convencionalmente e orgânicamente, respectivamente.

Tavares & Rodriguez-Amaya (1994) mediram o pH dos frutos de tomate cultivar Santa Clara comercializados em Campinas (SP) e obtiveram valores entre 4,4 e 4,6, valores superiores aos encontrados em neste trabalho.

Segundo Chitarra & Chitarra (1990) , os ácidos orgânicos encontram-se dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre, como combinada com sais, ésteres e glicosídeos. Em frutas, os ácidos orgânicos contribuem para a acidez e para o aroma característico.

Em seu estudo, Rodrigues et al. (2012) registraram o valor de pH de 4,15 para o extrato de tomate simples.

4. CONCLUSÃO

O extrato de tomate elaborado encontra-se dentro dos parâmetros preconizados pela legislação para o extrato de tomate simples concentrado. As análises físico-químicas realizadas auxiliam na caracterização do sabor do produto, devido a relação entre a acidez do fruto (concentração de ácido cítrico) e o teor de sólidos solúveis. A cor é outro atributo avaliado pelo consumidor, possui grande relação com a qualidade, portanto, quanto mais atrativa a coloração do produto, maior é o consumo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, o CNPq e à FAPERGS pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

Borguini, R.G.; Silva, M.V. Physical-chemical and sensorial characteristics of organic tomato in comparison to the conventional tomato. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v.16, n.4, p. 355-361, out./dez. 2005.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Resolução – CNNPA nº 12, de 1978*. Extrato de Tomate.

Camargo Filho, W.P.; Mazzei, A.R. Necessidade de reconversão da produção de tomate em São Paulo: ações na cadeia produtiva. Informações Econômicas, *São Paulo*, 26: 105-116, 1996.

Chitarra, M.I.F.; Chitarra, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. *Lavras: Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão*, 1990. 293p.

Embrapa. *Cultivo de tomate para industrialização.* 2003. Disponível em:http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/tomate/index.htm

Hobson, G.E.; Davies, J.N. The tomato. In: Hulme, A. C. *The biochemistry of fruit and their products*. London: Academic Press, 1971. p.437-482.

Kluge, R.A.; Minami, K.. Efeito de ésteres de sacarose no armazenamento de tomates Santa Clara. *Sci. agric*., v. 54, n. 1-2, 1997.

Leitão, M.F.F. Microbiologia de sucos, polpas e produtos ácidos. In: Soler, M.P. et al. Manual técnico de industrialização de frutas. Campinas: *ITAL*, 1986. 278p.

Luh, B.S. Chemical and color changes in canned tomato ketchup. *Food Technology*, Chicago, v.14, n.3, p.173-176, 1960.

Luh, B.S., Chichester, C.O., Co, H., Leonard, S.J. Factors influencing storage stability of canned tomato paste. *Food Technology***,** Chicago, v.18, n.4, p.159-162, 1964.

Matinez-Valverde, I. et al. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (Lycopersicum esculentum). J. Sci. *Food Agric*., v.82, p.323-330, 2002.

Monteiro, C. S., Balbi, M. E., Miguel, O. G., Penteado, P. T. P. S., Haracemiv, S. M. C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate "tipo italiano". Alimentos e Nutrição - Araraquara, v.19, n.1, p.25-31, 2008.

Oliveira, L.M.; Garcia, E.E.C.; Garcia, A.E.; Barbieri, M.K. Embalagem de polipropileno para extrato de tomate: avaliação do desempenho no tratamento térmico e vida-de-prateleira do produto. *Coletânea do ITAL*., Campinas, v.21, n.2, p.272-284, 1991.

Rodrigues, F. M; De Souza, F. G. Rodrigues, L. G. S. M. Produção artesanal de extrato de tomate (*Solanum lycoperaicum*) simples concentrado e caracterização físico-química. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 1973, 2012.

Stewart, M. R.; Zipser, M. W.; Watts, B. M. The use of reflectance spectrophotometry for the assay of raw meat pigments. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 30, n. 3, p. 464-469, 1965.

Tavares, C.A.; Rodriguez-Amaya, D.B. Carotenoid composition of Brazilian tomatoes and tomato products. *Lebensm-Wiss. u.- Technol*., v.27, n.3, p.219-224, 1994.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

TOPOGRAFIA E ESPESSURA DA CAMADA SENSORA DE CANTILEVER FUNCIONALIZADO COM EXTRATO ENZIMÁTICO DE TIROSINASE

Janine Martinazzo
Alexandra Nava Brezolin
Alana Marie de Cezaro
Aline Andressa Rigo
Daniela Kunkel Muenchen
Alexandra Manzoli
Clarice Steffens
Juliana Steffens
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
janinemartinazzo@yahoo.com.br, alexandra.nava@gmail.com, alana.cezaro@gmail.com, aline.andressa@hotmail.com, danimuenchen@yahoo.com.br, alexxiamanzoli@gmail.com, clarices@uricer.edu.br, julisteffens@uricer.edu.br

Fábio de Lima Leite
Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos, km 110, Sorocaba - SP, CEP 18052-780, Brasil.
fabioleite@ufscar.br

Rubens Bernardes Filho
Embrapa Instrumentação, Rua Quinze de Novembro 1452, São Carlos - SP, CEP 13560-970, Brasil.
rubens.bernardes@embrapa.br

Resumo. *O objetivo deste trabalho foi caracterizar por meio de microscopia de força atômica - AFM (Atomic Force Microscope) a superfície do nanobiossensor de cantilever. A funcionalização do cantilever foi realizada em modo ativo com a técnica de SAM (Self-Assembled Monolayers), compreendida em quatro etapas e as análises topográficas e a rugosidade de cada etapa foram investigadas a fim de confirmar a funcionalização, além da análise da espessura da camada sensora por diferença de altura entre a região funcionalizada e não funcionalizada. As imagens de AFM obtidas nas diferentes etapas de funcionalização da superfície do cantilever apresentaram diferenças na topografia em cada etapa de funcionalização bem como para os valores de rugosidade. Foi possível observar uma redução na rugosidade de 12,39 nm na adição do extrato enzimático de tirosinase, o que pode ser devido ao preenchimento dos vales da superfície. A medida da espessura da camada sensora apresentou um valor médio de 80,2 ± 0,4 nm. Os resultados obtidos indicam a adequada funcionalização do nanobiossensor de cantilever com espessura na escala nanométrica, indicando que o dispositivo desenvolvido é um nanobiossensor, sendo favorável para sensoriamento devido a grande área superficial.*

Palavras-chave: *camada sensora, rugosidade, espessura, tirosinase, SAM.*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com as divisões da Química Analítica e Físico-Química da IUPAC, um biossensor é o dispositivo capaz de fornecer uma informação analítica específica, quantitativa ou semi-quantitativa usando um elemento de reconhecimento biológico o qual está em contato direto com elemento de transdução (Thévenot, *et al*., 1996; Thévenot, *et al*., 2001). Quando a sensibilidade e a seletividade do biossensor são investigadas na escala nano (compreendidos na escala de 1-100 nm), estes dispositivos recebem o nome de nanobiossensores (Sang, *et al*., 2013; Malik, *et al*., 2013).

Por meio da microscopia de força atômica - AFM (*Atomic Force Microscope*) uma nova ferramenta de detecção de diversos analitos, através da funcionalização da haste ou da ponta do cantilever vem ganhando destaque (Sang, *et al*., 2013). Sensores de cantilever são capazes de medir interações biomoleculares, em nível molecular, com maiores limites de detecção, além de resposta em tempo real, reconhecimento específico, alta sensibilidade, com vantagem de miniaturização, podendo detectar interações na ordem de piconewtons (Gruber, *et al*., 2011; Johnson e Mutharasan,

2012). O princípio de funcionamento baseia-se na adsorção de analitos sobre a superfície funcionalizada, podendo ocorrer uma deflexão ou uma mudança da frequência de ressonância (Tamayo, *et al*., 2013; Sang, *et al*., 2014).

Dentre as técnicas que podem ser utilizadas para a funcionalização, a técnica de monocamadas automontadas - SAM (*Self-Assembled Monolayers*), é caracterizada pela formação espontânea de camadas ordenadas e organizadas sobre uma superfície sólida, por meio de interações químicas (Awasthi, *et al*., 2016), apresentando com vantagem estabilidade razoável por um período longo de tempo além de ser necessária uma pequena quantidade de biomolécula para a imobilização na monocamada, diminuindo custos com reagentes (Chaki e Vijayamohanan, 2002). A fim de comprovar a funcionalização e caracterizá-la, a varredura de uma superfície pode ser realizada com AFM, fornecendo informações sobre a topografia desenvolvida, indicando altura, profundidade e rugosidade em escala nanométrica (Steffens, *et al*., 2014). O objetivo deste trabalho foi caracterizar por meio de microscopia de força atômica (AFM) a topografia, rugosidade e espessura da superfície do nanobiossensor de cantilever sem funcionalizar e funcionalizado com extrato enzimático de tirosinase.

2. METODOLOGIA

Os cantileveres utilizados eram de silício, revestidos com uma camada de ouro em somente um dos lados, modelo ContGD-G (BudgetSensors®), com frequência de ressonância de 13 kHz e constante de mola de 0,2 N/m. Sua haste possuia as seguintes dimensões: 450 µm de comprimento, 50 µm de largura e 2 µm de espessura.

A funcionalização do cantilever foi realizada em modo ativo por meio da técnica de SAM onde, de acordo com Carrascosa, *et al*. (2006), a presença de ouro na superfície (20-100 nm) proporciona uma ótima oportunidade de utilizar esta técnica. A funcionalização por SAM foi compreendida em quatro etapas:

- Etapa 1: lavagem do cantilever com álcool isopropílico por 2 min em placa de petri para eliminar quaisquer sujidades presentes, seguida de secagem durante 15 min.

- Etapa 2: imersão em AMHD (ácido 16-mercaptohexadecanóico) (2 mM), aproximadamente 2 mL, em contato *overnight* (16 h). Lavagem com água milli-Q e secagem por 15 min.

- Etapa 3: adição da solução de 1 mM EDC (1-etil–3-(3-dimetilaminopropil)-carbodiimida)/1 mM NHS (*N*-hidroxi-succinimida) (4:1 v/v). O cantilever permaneceu em contato com a solução por 10 min, seguido de lavagem com água milli-Q e secagem por 15 min.

- Etapa 4: adição da solução com extrato enzimático de tirosinase em tampão fosfato de sódio 0,1 mol/L^{-1} pH 6,5 (1:5 v/v), em placa de petri. O cantilever permaneceu em contato com o extrato por 10 min. Em seguida foi feita a lavagem do mesmo em tampão fosfato de sódio 0,1 mol.L^{-1} pH 6,5 e secagem por aproximadamente 24 h.

O nanobiossensor funcionalizado foi armazenamento à seco em placa de petri, sob refrigeração (4 °C), para posterior análises com o herbicida atrazina.

As análises topográficas e a rugosidade de cada etapa de funcionalização do nanobiossensor de cantilever foram investigadas a fim de confirmar uma adequada funcionalização. Foram utilizadas para a funcionalização placas de silício e ouro (1 cm x 1 cm), idênticos ao material do cantilever, para realização das imagens da caracterização. As análises foram realizadas em microscópio de força atômica (EasyScan 2 FlexAFM System, Nanosurf), na Embrapa Instrumentação em São Carlos (SP), utilizando um cantilever de silício, modelo Tap-150-G (BudgetSensors), de frequência de ressonância de 150 (±75) kHz e constante de mola de 5 (1,5-15) N/m.

As imagens de cada etapa da funcionalização foram obtidas em uma área de 25 μm^2, com resolução de 512 x 512 pontos e velocidade de varredura de 0,8 a 0,9 s/linha. Todas as imagens foram obtidas em modo dinâmico e a varredura realizada em modo *tapping*. O desvio médio quadrático da altura da rugosidade (Rms) é uma função da média do desvio dos picos e vales no perfil da superfície do material (Leite, *et al*., 2005) e foi calculada usando o software Gwyddion (Versão 2.47), em diferentes locais da imagem.

Para análise da espessura da camada sensora, uma parte desta foi removida da placa contendo todas as camadas de funcionalização por meio de uma agulha com ponta de aço, fazendo um risco na superfície. Após foi obtida uma imagem topográfica em uma área de 400 μm^2, com resolução de 256 x 256 pontos e velocidade de varredura de 1,5 s/linha. A diferença de altura entre a superfície que continha a camada sensora e a camada removida (permanecendo somente silício) foi calculada utilizando o software Gwyddion (Versão 2.47) obtendo o valor da espessura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as imagens topográficas obtidas nas diferentes etapas de funcionalização da superfície do cantilever com a técnica de SAM, enquanto que a Tabela 1 apresenta os valores de desvio médio quadrático (Rms) de rugosidade obtidos na funcionalização.

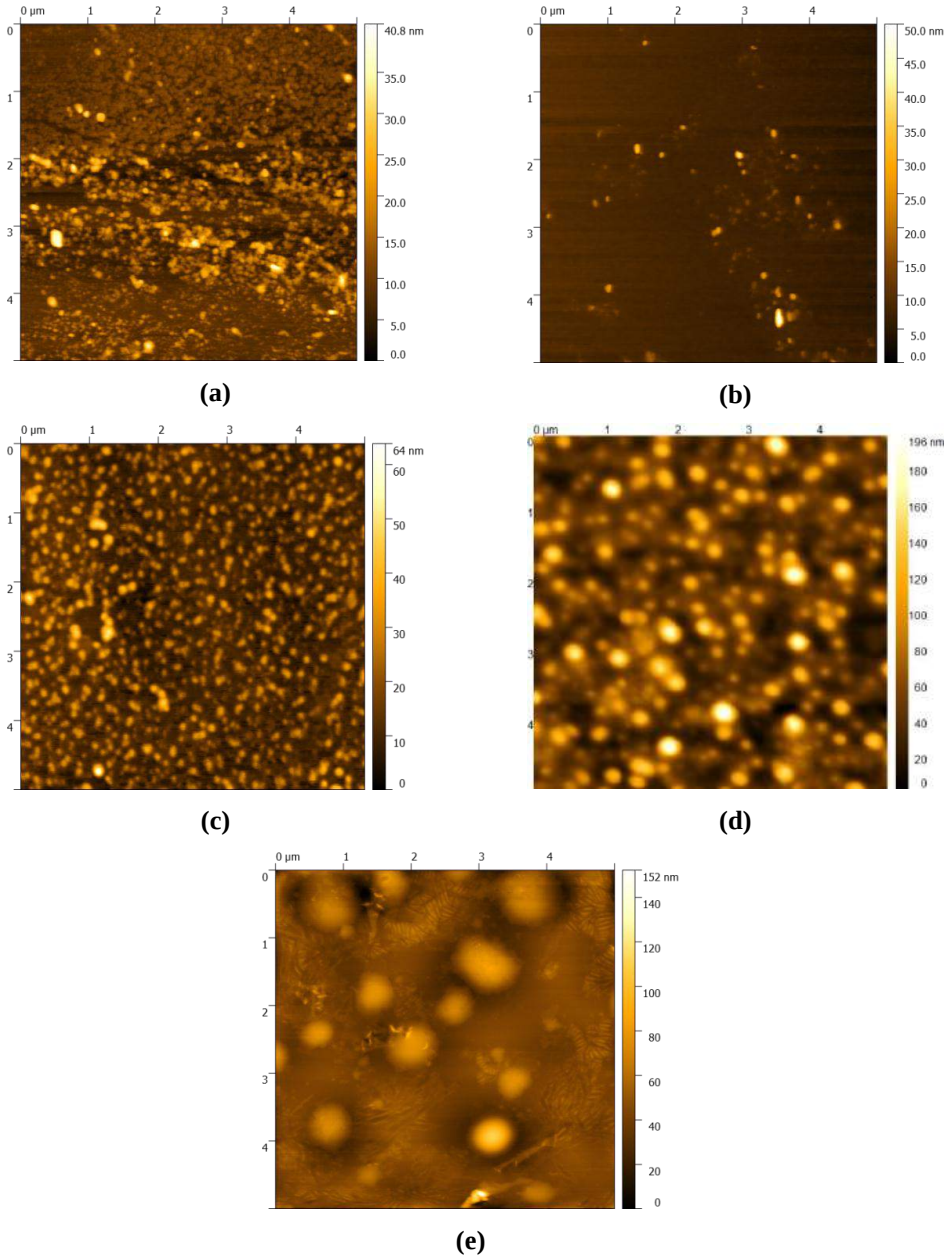


Figura 1. Caracterização de superfície por análise topográfica obtida por meio de AFM em cada etapa de funcionalização (a) Silício; (b) Silício + Ouro; (c) Silício + Ouro + AMHD; (d) Silício + Ouro + AMHD + EDC/NHS; (e) Silício + Ouro + AMHD + EDC/NHS + Tirosinase

Tabela 1. Valores de desvio médio quadrático de rugosidade obtido por meio de AFM para cada etapa de funcionalização.

Etapas de funcionalização	Rms (nm)
Silício	3,61 ± 0,52
Silício + Ouro	2,14 ± 0,20
Silício + Ouro + AMHD	6,35 ± 0,04
Silício + Ouro + AMHD + EDC/NHS	27,02 ± 0,82
Silício + Ouro + AMHD + EDC/NHS + Tirosinase	12,39 ± 0,59

Conforme Figura 1, há diferenças na topografia de cada etapa de funcionalização. Analisando o substrato de silício (Fig. 1 a), observa-se uma superfície com domínios dispersos, enquanto que a camada contendo ouro apresenta uma superfície mais lisa (Fig. 1 b). Na superfície funcionalizada com AMHD e EDC/NHS (Fig. 1 c e d) verifica-se um formato de agrupamentos em coluna, o que também foi observado por Mukherjee, *et al*. (2010). No entanto, a última camada da funcionalização (adição do extrato enzimático de tirosinase), apresenta uma morfologia com contornos maiores e mais definidos.

Por meio da medida de rugosidade (Tab. 1) verifica-se um decréscimo no Rms na superfície com a adição do ouro (2,14 nm). A diminuição da rugosidade nesta etapa pode ser explicada pelo fato do ouro se depositar nos vales existentes na superfície de silício, preenchendo os espaços vazios. O valor da rugosidade obtido com a adição do ouro pela técnica de SAM está de acordo com o trabalho de Yu-Cheng, *et al*. (2008), onde relatam uma rugosidade média de 1 a 2 nm na superfície de ouro.

Nas duas etapas seguintes, na adição do AMHD e dos agentes reticulantes EDC/NHS, há um aumento de Rms: 6,35 e 27,02 nm, respectivamente. Nestas etapas, a presença de AMHD, eleva a rugosidade indicando que ocorreu a deposição de tiol sobre a superfície. Comportamentos semelhantes de rugosidade do AMHD e EDC/NHS também foram observados no estudo de Kim, *et al*. (2015), onde foi desenvolvido um biossensor de cantilever funcionalizado com a técnica de SAM. As imagens de AFM mostraram um aumento da rugosidade da superfície devido às mudanças nos grupos funcionais e a adição da camada por 11-MUA (ácido 11-mecaptoumdecanoico), bem como na presença dos mesmos agentes reticulantes.

No final da funcionalização, com a etapa de adição do extrato de enzima tirosinase, foi possível observar uma redução na rugosidade, com Rms de 12,39 nm, o que pode ser devido ao preenchimento dos vales da superfície do cantilever. Alonso, *et al*. (2016) também observaram a redução dos valores de rugosidade (Rms), realizando a deposição da enzima glicose oxidase sobre uma superfície de platina por meio da técnica de SAM.

A medida da espessura entre a camada sensora e a superfície removida, ou seja, não funcionalizada (contendo somente silício), apresentou um valor médio de 80,2 ± 0,4 nm. Desta forma, pode-se afirmar que o nanobiossensor de cantilever desenvolvido neste trabalho apresenta a camada sensora na escala manométrica (até 100 nm).

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos por AFM, é possível afirmar a adequada funcionalização do nanobiossensor de cantilever de acordo com as alterações apresentadas em cada etapa de funcionalização. A camada sensora apresentou espessura média de 80,2 ± 0,4 nm, compreendida na escala nanométrica (até 100 nm), o que indica que o dispositivo desenvolvido é um nanobiossensor. Assim, o dispositivo possui uma camada sensora favorável para sensoriamento devido a grande área superficial, aumentando sua sensibilidade.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes, CNPq, Finep e Fapergs pelo auxilio financeiro; Embrapa Instrumentação e URI - Erechim pela realização da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

Alonso, J.M.; Bielen, A.A.M.; Olthuis, W.; Kengen, S.W.M.; Zuilhof, H. e Franssen, M.C.R., 2016. "Self-assembled monolayers of 1-alkenes on oxidized platinum surfaces as platforms for immobilized enzymes for biosensing". *Applied Surface Science*, Vol. 383, p. 283-293.

Awasthi, A.P.; Grady, M.E.; Kim, I.H.; Sottos, N.R. e Geubelle, P.H., 2016. "Nanoscale mechanical tailoring of interfaces using self-assembled monolayers". *Mechanics of Materials*, Vol. 98, p. 71-80.

Chaki, N.K. e Vijayamohanan, K., 2002. "Self-assembled monolayers as a tunable platform for biosensor applications". *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 17, p.1-12.

Carrascosa, L.G.; Moreno, M.; Álvarez, M. e Lechuga, L.M., 2006. "Nanomechanical biosensors: a new sensing tool". *Trac Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 25, p.196-206.

Gruber, K.; Horlacher, T.; Castelli, R.; Mader, A.; Seeberger, P.H. e Hermann, B.A., 2011. "Cantilever array sensors detect specific carbohydrate-protein interactions with picomolar sensitivity". *ACS Nano*, Vol. 5, n. 5, p. 3670-3678.

Johnson, B. N. e Mutharasan, R., 2012. "Biosensing using dynamic-mode cantilever sensors: A review". *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 32, p. 1-18.

Kim, H.H.; Jeon, H.J.; Cho, H.K.; Cheong, J.H.; Moon, H.S. e Go, J.S., 2015. "Highly sensitive microcantilever biosensors with enhanced sensitivity for detection of human papilloma virus infection". *Sensors and Actuators B*, Vol. 221, p.1372-1383.

Leite, F.L.; Paterno, L.G.; Borato, C.E.; Herrmann, P.S.P.; Oliveira, O.N. e Mattoso, L.H.C., 2005. "Study on the adsorption of poly(o-ethoxyaniline) nanostructured films using atomic force microscopy". *Polymer*, Vol. 46, n. 26, p. 12503-12510.

Malik, P.; Katyal, V.; Malik, V.; Asatkar, A.; Inwati,G. e Mukherjee, T.K., 2013. "Nanobiosensors: Concepts and Variations". *International Scholarly Research Notices*, Vol. 2013, p. 1-9.

Mukherjee, D.; May, M.; Vaughn, M.; Bruce, B.D. e Khomami, B., 2010. "Controlling the Morphology of Photosystem I Assembly on Thiol-Activated Au Substrates". *Langmuir*, Vol. 26, n. 20, p. 16048-16054.

Sang, S.; Zhang, W. e Zhao, Y., 2013. "Review on the Design Art of Biosensors". In Rinken, T. (ed.). *State of the Art in Biosensors - General Aspects*. InTech, Croácia. cap. 4, p. 89-110.

Sang, S.; Zhao, Y.; Zhang, W.; Li, P.; Hu, J.; e Li, G., 2014. Surface stress-based biosensors. *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 51, p. 124-135.

Steffens, C.; Manzoli, A.; Oliveira, J.E.; Leite, F.L.; Correa, D.S. e Herrmann, P.S.P., 2014. "Bio-inspired sensor for insect pheromone analysis based on polyaniline functionalized AFM cantilever sensor". *Sensors and Actuators*, Vol. 191, p. 643-649.

Tamayo, J.; Kosaka, P.M.; Ruz, J.J.; Paulo, A.S. e Calleja, M., 2013. "Biosensors Based on Nanomechanical Systems". *Chemical Society Reviews*, Vol. 42, n. 3, p. 1287-1311.

Thévenot, D.R.; Toth, K.; Durst, R.A. e Wilson, G.S., 2001. "Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification". *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 16, n. 1-2, p. 121-131.

Thévenot, D.R.; Toth, K.; Durst, R.A. e Wilson, G.S., 1996. "International Union of Pure and Applied Chemistry Physical Chemistry Division, Steering Committee on Biophysical Chemistry Analytical Chemistry Division, Commission V.5 (Electroanalytical Chemistry) Electrochemical biosensors: proposed definitions and classification Synopsis of the report". *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 30, n. 1, p. 81.

Yu-Cheng, L.; Yu-chia, T.; Woo-Hu, T.; Tsui-Shan, H.; Ko-Shao, C. e Shu-Chuan, L., 2008. "The enhancement method of optical fiber biosensor based on surface plasmon resonance with cold plasma modification". *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 133, p. 370-373.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CARACTERIZAÇÃO POR PM-IRRAS DE NANOBIOSSENSOR DE CANTILEVER FUNCIONALIZADO COM SAM (*SELF-ASSEMBLED MONOLAYERS*)

Janine Martinazzo
Alexandra Nava Brezolin
Alana Marie de Cezaro
Aline Andressa Rigo
Daniela Kunkel Muenchen
Alexandra Manzoli
Clarice Steffens
Juliana Steffens
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
janinemartinazzo@yahoo.com.br, alexandra.nava@gmail.com, alana.cezaro@gmail.com, aline.andressa@hotmail.com, danimuenchen@yahoo.com.br, alexxiamanzoli@gmail.com, clarices@uricer.edu.br, julisteffens@uricer.edu.br

Fábio de Lima Leite
Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos, km 110, Sorocaba – SP, CEP 18052780, Brasil.
fabioleite@ufscar.br

Resumo. *O objetivo deste trabalho foi caracterizar a superfície do nanobiossensor de cantilever funcionalizado com a técnica de espectroscopia de infravermelho de reflexão e absorção de modulação por polarização (PM-IRRAS). A funcionalização do cantilever foi realizada em modo ativo por meio da técnica de SAM devido possuir a propriedade de formação espontânea de camadas ordenadas e organizadas sobre uma superfície sólida, por meio de interações químicas. De acordo com os resultados obtidos, foi possível observar duas bandas, uma a 1658 cm^{-1}, atribuída ao grupo carbonila da ligação amida (amida I) e outra em 1547 cm^{-1}, atribuída ao estiramento C-N da amida (amida II), característicos da enzima tirosinase depositada sobre a superfície. Estes resultados indicam a eficiência da funcionalização do cantilever, onde a enzima foi imobilizada na superfície contendo AMHD.*

Palavras-chave: *funcionalização, tirosinase, amida.*

1. INTRODUÇÃO

Por meio da microscopia de força atômica - AFM (*Atomic Force Microscope*) uma nova ferramenta de detecção de diversos analitos, através da funcionalização da haste ou da ponta do cantilever vem ganhando destaque (Sang, *et al*., 2013). Sensores de cantilever são capazes de medir interações biomoleculares, em nível molecular, além de resposta em tempo real, reconhecimento específico, alta sensibilidade, com vantagem de miniaturização (Carrascosa, *et al*., 2006; Johnson e Mutharasan, 2012).

Os cantileveres de AFM podem ser funcionalizados ou imobilizados quimicamente, promovendo uma ligação covalente para imobilizar a enzima na superfície. Na maioria das vezes, as interações específicas entre o sistema e a amostra são reversíveis, permitindo seu monitoramento (Etchegaray, *et al*., 2010).

O sucesso do desempenho de um biossensor enzimático depende do adequado método de imobilização da enzima no dispositivo, pois irá definir a estabilidade, sensibilidade, seletividade e reprodutibilidade do mesmo. A imobilização dever garantir o acesso da enzima ao analito, além da proximidade com o transdutor (Zhao e Jiang, 2010; Lagarde e Jaffrezic-Renault, 2011; Oliveira, *et al*., 2013).

A técnica de monocamadas automontadas - SAM (*Self-Assembled Monolayers*), é utilizada para a funcionalização de sensores e é caracterizada pela formação espontânea de camadas ordenadas e organizadas sobre uma superfície sólida, por meio de interações químicas (Awasthi, *et al*., 2016), apresentando com vantagem estabilidade razoável por um período longo de tempo além de ser necessária uma pequena quantidade de biomoléculas para a imobilização na monocamada, diminuindo custos com reagentes (Chaki e Vijayamohanan, 2002). Para análise das monocamadas

depositadas no cantilever, a técnica de espectroscopia de infravermelho de reflexão e absorção de modulação por polarização (PM-IRRAS) foi utilizada a fim de detectar composições químicas, principalmente características da enzima.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a superfície do nanobiossensor de cantilever funcionalizado com SAM com a técnica de espectroscopia de infravermelho de reflexão e absorção de modulação por polarização (PM-IRRAS).

2. METODOLOGIA

Os cantileveres utilizados para o nanobiossensor eram de silício, revestidos com uma camada de ouro em somente um dos lados, modelo ContGD-G (BudgetSensors®), com frequência de ressonância de 13 kHz e constante de mola de 0,2 N/m. Sua haste possuia as seguintes dimensões: 450 µm de comprimento, 50 µm de largura e 2 µm de espessura.

A funcionalização do cantilever foi realizada em modo ativo por meio da técnica de SAM onde, de acordo com Carrascosa, *et al*., (2006), a presença de ouro na superfície (20-100 nm) proporciona uma ótima oportunidade de utilizar este tipo de técnica. A funcionalização por SAM foi compreendida em quatro etapas:

- Etapa 1: lavagem do cantilever com álcool isopropílico por 2 min em placa de petri para eliminar quaisquer sujidades presentes. Secagem durante 15 min.
- Etapa 2: imersão em AMHD (ácido 16-mercaptohexadecanóico) (2 mM), aproximadamente 2 mL, em contato *overnight* (16 h). Lavagem com água milli-Q e secagem por 15 min.
- Etapa 3: adição da solução de 1 mM EDC (1-etil–3-(3-dimetilaminopropil)-carbodiimida)/1 mM NHS (*N*-hidroxi-succinimida) (4:1 v/v). O cantilever permaneceu em contato com a solução por 10 min, seguido de lavagem com água milli-Q e secagem por 15 min.
- Etapa 4: adição da solução com extrato enzimático de tirosinase em tampão fosfato de sódio 0,1 mol.L^{-1} pH 6,5 (1:5 v/v), em placa de petri. O cantilever permaneceu em contato com o extrato por 10 min. Em seguida foi feita a lavagem do mesmo em tampão fosfato de sódio 0,1 mol.L^{-1} pH 6,5 e secagem por aproximadamente 24 h.

O cantilever funcionalizado foi armazenamento à seco em placa de petri, sob refrigeração (4 °C), para posterior realização de análises com atrazina.

Para análise da deposição das camadas de funcionalização a técnica de PM-IRRAS foi utilizada, onde a técnica de IRRAS permite avaliar a composição química e a orientação das moléculas na interface ar-água, tendo a vantagem da luz perpendicularmente polarizada ser preferencialmente absorvida na reflexão, enquanto que a luz paralelamente polarizada não é absorvida. Em contrapartida, a absorção em meios isotrópicos é independente da polarização, portanto qualquer diferença entre os sinais da luz paralela e da perpendicularmente polarizada pode ser atribuída à absorção específica da superfície. A modulação por polarização (PM) pode ser usada em conjunto com a espectroscopia de infravermelho, onde a luz incidente é continuamente modulada entre a luz paralelamente e luz perpendicularmente polarizadas a altas frequências. Isso permite a medida simultânea de modo eficiente do espectro das duas polarizações. A diferença fornece a informação específica de superfície e a soma fornece o espectro de referência (Blaudez, *et al*., 1996; Dicko, *et al*., 1998).

As análises foram realizadas no Instituto de Física da USP, São Carlos (SP), utilizando o ouro como substrato em um espectrofotômetro KSV, modelo PMI 550 (KSV Instruments, Finlândia), com resolução espectral de 8 cm^{-1} e ângulo de incidência de 81º.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta um esquema da funcionalização pela técnica de SAM utilizada no desenvolvimento do nanobiossensor.

Átomos de enxofre presentes no grupo tiol do AMHD adsorvem na superfície do ouro (Gooding e Hibbert, 1999) enquanto que o grupo carboxílico presente na outra extremidade fica disponível. De acordo com Hermanson (2013), a eficácia da reação química envolve a ativação de uma amina ou moléculas de ácidos carboxílicos na SAM através da utilização de agentes de acoplamento, tais como EDC/NHS, justificando a utilização destes agentes reticulantes.

O grupo carboxílico presente no AMHD reage com o EDC, formando o intermediário instável O-acilisoureia, porém, em solução aquosa, o intermediário instável é suscetível à hidrólise, oque resultaria na regeneração do grupo carboxílico. Por isso foi adicionado o agente reticulante NHS para aumentar a eficiência da ligação, onde este reage com o composto intermediário formando um novo intermediário agora, um pouco mais estável. Este novo intermediário, por sua vez, reage com a amina primária presente na enzima, o que faz com que a amina se ligue ao ácido carboxílico original, por meio de uma ligação amida (Janegitz, *et al*., 2011; Pepino, 2016).

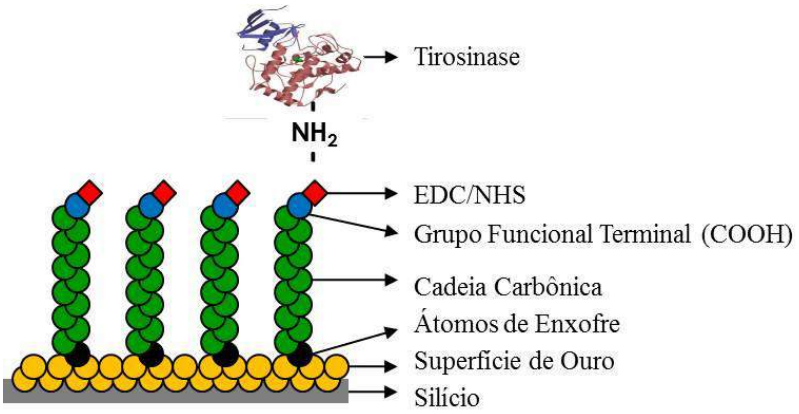


Figura 1. Esquema da funcionalização do cantilever pela técnica de SAM

A Figura 2 apresenta os resultados da caracterização do cantilever obtidos por PM-IRRAS da funcionalização por SAM .

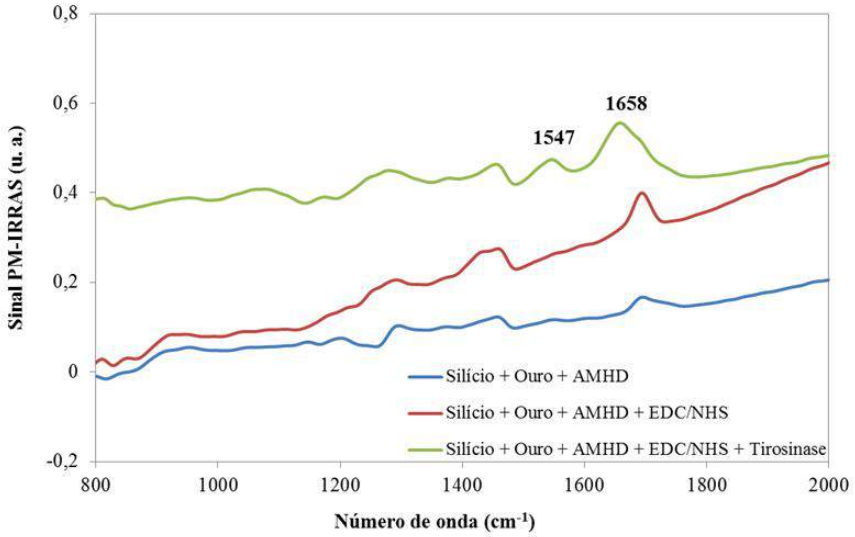


Figura 2. Caracterização da funcionalização do cantilever pela técnica de PM-IRRAS

Observando a Figura 2, nota-se duas bandas, uma a 1658 cm^{-1} atribuída ao grupo carbonila da ligação amida (amida I) e outra em 1547 cm^{-1} atribuída ao estiramento C-N da amida (amida II). Estes resultados indicam a eficiência da funcionalização do cantilever, indicando que a enzima foi imobilizada na superfície contendo AMHD.

Bandas semelhantes foram encontradas no trabalho de Schmidt, *et al*. (2008), onde a indicação da enzima peroxidase foi vista nas bandas 1663 cm^{-1} e 1554 cm^{-1}, correspondente a amida I e amida II respectivamente. Kreider, *et al*. (2014), confirmaram a presença da enzima peroxidase nas bandas de 1659 cm^{-1} para amida I e em 1548 cm^{-1} para amida II. Em 2016, no desenvolvimento de um biossensor utilizando a técnica de SAM para imobilizar enzimas oxidases, a técnica de PM-IRRAS caracterizou a superfície obtendo resultados na banda de 1653 cm^{-1} para amida I e 1558 cm^{-1} para amida II (Alonso, *et al*., 2016).

4. CONCLUSÃO

Com a técnica de SAM foi possível funcionalizar o cantilever, confirmando a eficiente funcionalização por meio da técnica de caracterização de superfície por espectroscopia de infravermelho de reflexão e absorção de modulação por polarização (PM-IRRAS). Foram verificadas diferenças nos espectros de PM-IRRAS dos grupos amida I e amida II, característicos da enzima tirosinase depositada sobre a superfície, desenvolvendo um nanobiossensor de cantilever para futuras aplicações na detecção de atrazina em água.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes, CNPq, Finep e Fapergs pelo auxilio financeiro; USP e URI - Erechim pela realização da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

Alonso, J.M.; Bielen, A.A.M.; Olthuis, W.; Kengen, S.W.M.; Zuilhof, H. e Franssen, M.C.R., 2016. "Self-assembled monolayers of 1-alkenes on oxidized platinum surfaces as platforms for immobilized enzymes for biosensing". *Applied Surface Science*, Vol. 383, p. 283-293.

Awasthi, A.P.; Grady, M.E.; Kim, I.H.; Sottos, N.R. e Geubelle, P.H., 2016. "Nanoscale mechanical tailoring of interfaces using self-assembled monolayers". *Mechanics of Materials*, Vol. 98, p. 71-80.

Blaudez, D.; Turlet, J-M.; Dufourcq, J.; Bard, D.; Buffeteau, T. e Desbat, B., 1996. "Investigations at the air/water interface using polarization modulation IR spectroscopy". *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions*, Vol. 92, n. 4, p. 525-530.

Carrascosa, L.G.; Moreno, M.; Álvarez, M. e Lechuga, L.M., 2006. "Nanomechanical biosensors: a new sensing tool". *Trac Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 25, p.196-206.

Chaki, N.K. e Vijayamohanan, K., 2002. "Self-assembled monolayers as a tunable platform for biosensor applications". *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 17, p.1-12.

Dicko, A.; Bourque, H. e Pézolet, M., 1998. "Study by infrared spectroscopy of the conformation of dipalmitoylphosphatidylglycerol monolayers at the air–water interface and transferred on solid substrates". *Chemistry and Physics of Lipids*, Vol. 96, p. 125-139.

Etchegaray, A.; Bueno, C.D.C. e Teschke, O., 2010. "Identificação de microcistina LR ao nível molecular empregando microscopia de força atômica". *Química Nova*, Vol. 33, n. 9, p. 1843-1848.

Gooding, J.J. e Hibbert, D.B., 1999. "The application of alkanethiol self-assembled monolayers to enzyme electrodes". *Trac Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 18, n. 8; p. 525-533.

Hermanson, G.T., 2013. "Zero-Length Crosslinkers". In Hermanson, G.T. (3rd ed.). *Bioconjugate Techniques*. Academic Press, Tóquio. cap. 4, p. 259-273.

Janegitz, B.C.; Pauliukaite, R.; Ghica, M.E.; Brett, C.M.A. e Fatibello-Filho, O., 2011. "Direct electron transfer of glucose oxidase at glassy carbon electrode modifield with functionalized carbon nanotubes within a dihexadecylphosphate film". *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 158, n.1, p. 411-417.

Johnson, B. N. e Mutharasan, R., 2012. "Biosensing using dynamic-mode cantilever sensors: A review". *Biosensors and Bioelectronics*, Vol. 32, p. 1-18.

Kreider, A.; Sell, S.; Kowalik, T.; Hartwig, A. e Grunwald, I., 2014. "Influence of immobilization protocol on the structure and function of surface bound proteins". *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, Vol. 116, p. 378–382.

Lagarde, F. e Jaffrezic-Renault, N., 2011. "New Trends in Biosensors for Water Monitoring". In: Somerset, V. (ed.). *Environmental Biosensors*. InTech, Croácia. cap. 6, p. 1-31.

Oliveira, G.S.; Leite, F.L.; Amarante, A.M.; Franca, E.F.; Cunha, R.A.; Briggs, J.M. e Freitas, L.C., 2013. "Molecular modeling of enzyme attachment on AFM probes". *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, Vol. 45, p. 128-36.

Pepino, R.O., 2016. "Desenvolvimento de géis e esponjas de quitosana e blendas quitosana/gelatina em ácido adípico". 86 f. *Dissertação (Mestrado em Química) - Química Analítica e Inorgânica*. Universidade de São Paulo, São Carlos.

Sang, S.; Zhang, W. e Zhao, Y., 2013. "Review on the Design Art of Biosensors". In Rinken, T. (ed.). *State of the Art in Biosensors - General Aspects*. InTech, Croácia. cap. 4, p. 89-110.

Schmidt, T.F.; Caseli, L.; Viitala, T. e Oliveira Jr, O.N., 2008. "Enhanced activity of horseradish peroxidase in Langmuir–Blodgett films of phospholipids". *Biochimica et Biophysica Acta*, Vol. 1778, n. 2291-2297.

Zhao, Z. e Jiang, H., 2010. "Enzyme-based Electrochemical Biosensors". In: Serra, P.A. (ed.). *Biosensors*. InTech, Croácia. cap. 1, p. 1-23.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

REVESTIMENTO À BASE DE GELATINA APLICADA NA CONSERVAÇÃO DE MAMÃO FORMOSA MINIMAMENTE PROCESSADO

Jean Carlo Rauschkolb*
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Av. Sete de Setembro, 1621 - Fátima, Erechim - RS, 99709-910
jeancarlo_ab@hotmail.com

Resumo. *As perdas pós-colheita elevam os custos dos alimentos, fazendo com que tenham uma diminuição na oferta para o consumidor. Os revestimentos comestíveis são alternativas para prolongar sua vida útil e a oferta dos mesmos. A gelatina, de natureza proteica é uma alternativa de uso no recobrimento de vegetais. Assim o trabalho teve como objetivo, avaliar o efeito da aplicação de revestimento comestível a base de gelatina sobre a vida de prateleira de mamão formosa minimamente processado por um período de 10 dias de armazenamento em geladeira a uma temperatura de 5ºC. Para a avaliação foram realizados quatro tratamentos diferentes sendo um o Controle e todos os demais tratamentos contendo como base a gelatina: Gelatina + Glicerol (GG); Gelatina + Glicerol + Ácido Graxo + Surfactante (GGAS) e Gelatina + Glicerol + Conservante + Surfactante (GGCS). Para esse procedimento foram avaliados: perda de massa, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), pH, parâmetros de cor e contagem de bolores e levedura.*

Palavras-chave: *Carica papaya L; Revestimento Comestível; Vida de Prateleira.*

1. INTRODUÇÃO

O ramo de alimentos minimamente processados está em crescimento, pois a vida agitada da população tem contribuído para o aumento da demanda por alimentos de fácil preparo. De acordo com Santos *et al*., (2010), os vegetais minimamente processados no Brasil, representam cerca de 5,0 a 8,0% da comercialização de produtos frescos, enquanto que no mundo a parcela é bem mais significativa, entre 20,0 e 25,0%.

As hortaliças assim como as frutas *in natura* são altamente perecíveis, pois apresentam problemas relacionados à sua conservação como é o caso do mamão que, por se tratar de um fruto climatério, continua a amadurecer mesmo após sua colheita, elevando a sua taxa de respiração que acelera também a sua deterioração.

O mamão é uma fruta bastante conhecida por conter vitaminas A, C e do complexo B e também pelo benefício relacionado aos processos digestivos (Melo *et al*., 2004). Dantas *et al*., (2013), relatam que o mamoeiro pode ser plantado em qualquer época do ano e os primeiros frutos são colhidos um ano após o plantio e seu manuseio e armazenamento devem ser cautelosos, pois, o mamão apresenta uma casca fina e o descuido pode acelerar a taxa de respiração ocasionando assim uma rápida degradação do produto.

As indústrias alimentícias têm trabalhado na busca por alternativas de conservação de alimentos para que esses possam ficar à disposição do consumidor por longos períodos de tempo sem que haja perda na sua qualidade. Os revestimentos ou coberturas comestíveis são uma das alternativas e estão em ascensão, por garantir que o alimento mantenha suas características, devido ao potencial que evita a deterioração dos alimentos e pela característica de biodegradabilidade o que contribui na diminuição da poluição ambiental.

De acordo com Silva (2011), os revestimentos têm sido desenvolvidos e aplicados em frutas e hortaliças para garantir um maior *shelf life* e assim contribuir para a preservação da textura e do valor nutricional, reduzindo as trocas gasosas superficiais e a transferência de massa. Os compostos mais utilizados para o processo de revestimentos são as proteínas, polissacarídeos, lipídeos ou mesmo a combinação desses compostos (Luvielmo *et al*., 2012).

Dentre as proteínas podemos destacar a gelatina. A gelatina é uma proteína pura extraída de peles, ossos e tecidos conectivos de animais e tem sido muito usada em dietas alimentares como um alimento funcional (Schrieber *et al*., 2007). Também tem seu uso na produção de cápsulas de remédios, na clarificação de bebidas, assim como em revestimentos de frutas e hortaliças. O presente trabalho tem como objetivo avaliar as potencialidades da aplicação de revestimento comestível a base de gelatina sobre a conservação de mamão formosa minimamente processado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Vegetais e Biotecnologia do IFC - Campus de Concórdia. O componente para formação do filme de recobrimento foi gelatina tipo A de 250 Bloom. A matéria-prima foram frutos de mamão (*Carica papaya L.*) da cultivar Formosa.

Foram preparadas soluções de gelatina tipo A de 250 Bloom a 10% (m/m), juntamente com um plastificante (glicerol) na proporção de 1:10 da massa de gelatina presente na solução, para compor a base da solução filmogênica. Onde que em 100 mL de água destilada dissolveram-se as quantidades de 1% de glicerol e 10% de gelatina, permanecendo em repouso por 20 minutos. Depois de decorridos os 20 minutos a gelatina foi solubilizada à uma temperatura de 65°C por 30 minutos, com o auxílio de um banho-maria. A partir da solução base (gelatina + glicerol) acrescentou-se os demais componentes: surfactante, conservante, ácido graxo, obtendo-se diferentes tratamentos: GG: Gelatina (10%) + Glicerol (1%); GGAS: Gelatina (10%) + Glicerol (1%) + Ác. Graxo (3%) (Tributirina) + Surfactante (1%) (Tween 80); GGCS: Gelatina (10%) + Glicerol (1%) + Conservante (1%) (Benzoato de Sódio) + Surfactante (1%) (Tween 80). Os diferentes revestimentos foram avaliados em relação a uma amostra controle, que não recebeu o recobrimento.

2.1 Avaliação da vida-de-prateleira dos alimentos

Os frutos, oriundos do comércio local do município de Concórdia – SC, passaram por processo tecnológico adequado, onde foram sanitizados, descascados, cortados em pequenos cubos e mergulhados na solução filmogênica. Posteriormente foram avaliados os seguintes parâmetros:

a) Perda de massa durante a estocagem: determinada por gravimetria;
b) Sólidos Solúveis Totais (SST): através de técnica de refratômetria;
c) Acidez Titulável (AT): realizada por titulometria;
d) pH: analisado com pHmetro digital;
e) Microbiológica: através da contagem total de bolores e levedura;

Todas as análises estatísticas e cálculos de média e desvios-padrão foram realizados utilizando-se a ferramenta Microsoft Excell versão 2013 e software Action versão 2015.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As soluções filmogênicas apresentaram alta solubilidade durante o preparo, quando expostas a uma temperatura de banho-maria superior à 35°C. Esta solução quando aplicada sobre os mamões aderiu-se facilmente e de maneira uniforme, apresentando cor transparente e brilhosa na superfície do produto. O fracionamento dos mamões contribuiu para a aplicação e manipulação dos frutos, o que também permitiu uma melhor forma de armazenamento. No entanto, os mamões utilizados nos experimentos apresentavam variações no grau de maturação, o que pode ter influenciado em alguns parâmetros de qualidade.

3.1 Avaliação da vida de prateleira dos alimentos envolvidos com a solução filmogênica

a) Perda de massa durante estocagem

Em relação a perda de massa não houve variação expressiva entre os tratamentos durante o período de armazenamento, porém nota-se que houve um aumento durante o período de estocagem, resultando num percentual médio de perda de massa, no décimo dia de armazenamento, entre todos os tratamentos de 0,13%.

Os resultados mostram que os frutos sem cobertura (controle) e os frutos com cobertura contendo somente gelatina + glicerol (GG), apresentaram uma perda de massa maior no décimo dia de armazenamento, quando comparado com os demais tratamentos. A amostra GGAS foi a que apresentou a menor perda de massa no décimo dia de armazenamento (0,15%), fator que pode estar relacionado a solução de revestimento conter um ácido graxo, o qual pode diminuir a perda de umidade do fruto. Em relação aos frutos tratados com GGCS é possível observar que a perda de massa é constante. A análise estatística para a perda de massa demonstra que houve uma variação significativa não entre tratamentos, mas sim entre os dias de armazenamento conforme Figura 1.

A perda de massa foi baixa ao observar os resultados obtidos usando processos semelhantes quando comparados aos estudos realizados por (Fakhouri e Grosso, 2003) que avaliaram os efeitos de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas *in natura* mantidas sob refrigeração, onde as goiabas brancas da variedade kumagai sem cobertura tiveram uma perda de massa de 21% e as frutas cobertas perderam 13% de massa. Tal diferença de efeito pode ser explicada devido os mamões minimamente processados terem sido armazenados em potes de plástico, de polipropileno, com tampa, o que diminuiu a perda de umidade entre a fruta e o ambiente, esclarecendo a baixa perda de massa, pois a umidade liberada condensa dentro da embalagem, contribuindo para o peso final.

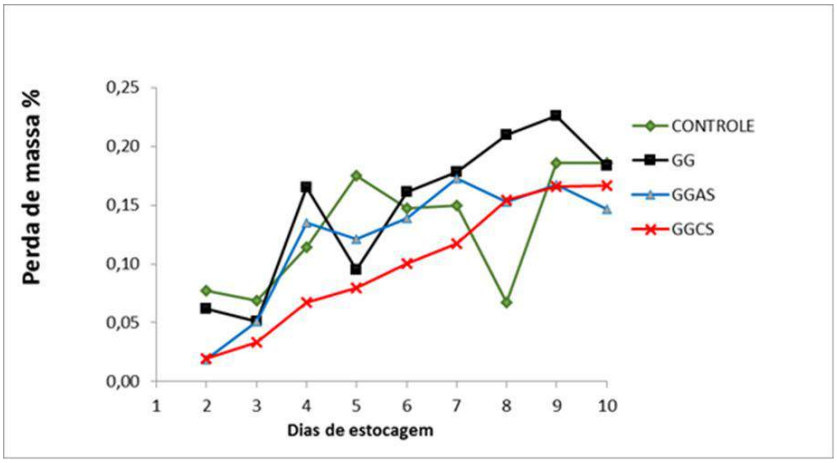


Figura 1 - Perda de massa para mamão formosa minimamente processado com revestimento a base de gelatina.

b) Sólido Solúveis Totais (SST)

A partir dos resultados obtidos na análise do °Brix observou-se que ambos os tratamentos se mantiveram idênticos nos primeiros sete dias de análise, enquanto nos dias 8, 9 e 10 as amostras recobertas por GG, GGAS e GGCS apresentaram aumento significativo na quantidade de SST. Para a amostra controle houve redução significativa na quantidade de SST conforme demostra a Figura 2. Os resultados para SST demonstram que os mamões estavam em seu ponto ótimo de maturação, uma vez que não houve um aumento estatístico significativo no período de armazenamento.

Também é possível observar que as amostras GGAS e GGCS foram as que mais tiveram aumento no °Brix quando comparadas às amostras GG e Controle, essa que por sua vez teve redução no valor de °Brix. O aumento do teor de °Brix é desejável, pois aumenta a pressão osmótica e menor é o crescimento de microrganismos. Portanto, para análise de SST as amostras GGAS e GGCS apresentaram-se mais eficientes em relação ao °Brix.

Lemos (2007) observou que o período de armazenamento afetou significativamente os teores de sólidos solúveis dos frutos de pimentão armazenados em temperatura ambiente o que está relacionado com o amadurecimento. Como é descrito por Lemos (2006), o teor de sólidos solúveis é dependente do grau de maturação e geralmente aumenta durante o amadurecimento pela biossíntese ou degradação de polissacarídeos.

Rinaldi *et al*., (2005) avaliou o efeito da embalagem e temperatura de armazenamento em repolho minimamente processado e relatou que a redução de sólidos solúveis pode ter sido ocasionada pelo aumento da taxa respiratória do produto, utilizando as reservas existentes nas células e possivelmente devido as reações bioquímicas ou a possível perda de massa.

O processo de amadurecimento do mamão continua indiferente à temperatura de armazenamento, vale ressaltar que temperaturas baixas retardam esse processo, o armazenamento em temperaturas de geladeira (5±1°C) e em potes de polipropileno contribuíram para o retardamento do amadurecimento durante o tempo de estocagem.

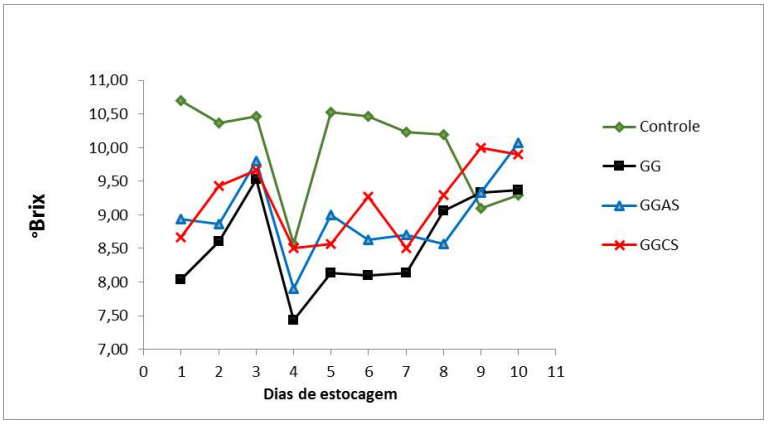


Figura 2 - °Brix para Mamão formosa minimamente processado com revestimentos a base de gelatina

c) Acidez Titulável (AT)

De acordo com Trigo (2010) o teor de acidez do mamão é muito baixo, em torno de 0,10%, contribuindo para um pH em torno de 5,5 – 5,9. Para o experimento de acidez titulável foi observado um efeito significativo entre a amostra controle em relação as amostras com revestimento, como pode ser visualizado na Figura 3. A acidez titulável

apresentou valores entre 0,06% e 0,16% entre o primeiro e o décimo dia de análise, sendo que os resultados se mostraram idênticos àqueles obtidos por Fagundes e Yamanishi (2001).

Em praticamente todo o período de armazenamento os mamões com revestimento apresentaram valores maiores de acidez do que os obtidos para os mamões controle. Em ambos os tratamentos, a curva mostrou-se crescente, conforme a Figura 3. O mamão continua o processo de amadurecimento após sua colheita por se tratar de um fruto climatério. O aumento da acidez pode ser relacionado com este processo. O contato direto com a baixa temperatura, como no caso da geladeira, contribui para o retardamento do processo de amadurecimento da fruta. Para os resultados de acidez, a análise estatística apresentou resultados significativos dos tratamentos, sendo que não houve variação entre os tratamentos mas sim entre os dias de armazenamento.

As amostras GGAS e GGCS se destacaram por impedirem que o mamão tivesse contato direto com o frio, provavelmente a temperatura interna do mamão permaneceu mais elevada permitindo assim que os frutos continuassem o amadurecimento. O ponto negativo desta continuidade foi o aumento da acidez, que pode influenciar na proliferação microbiana e consequentemente em uma deterioração elevada, apesar de demonstrarem uma boa aparência. Tal efeito é relacionado com as leveduras, pois estas estão raramente associadas com processos de deterioração. Mas sua presença, no entanto, pode ser constatada em produtos nos quais a conservação se baseia no aumento da acidez ou no abaixamento da atividade de água, ao invés do tratamento térmico (Dantas *et al*., 2013).

Fernandes *et al*., (2010) avaliou a qualidade de mamão formosa armazenado sob atmosfera passiva e verificou um aumento da acidez titulável durante o período de armazenamento indicando tal efeito como consequência da síntese de ácidos orgânicos.

Fernandes *et al*., (2010) atribuem o aumento da acidez pela formação de ácido galacturônico no amadurecimento do mamão quando ocorre a degradação da parede celular.

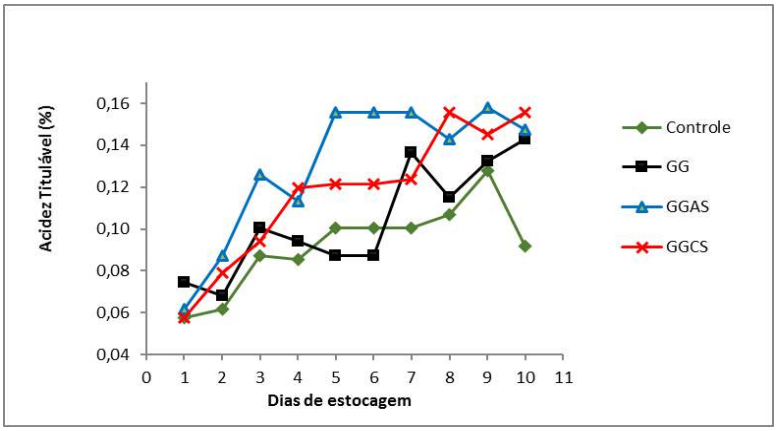


Figura 1. Acidez titulável para mamão formosa minimamente processado com revestimento a base de gelatina

d) pH

Através dessa técnica constatou-se que houve uma queda significativa no pH durante o período de armazenamento para ambos os tratamentos: Controle; GG; GGAS; GGCS, conforme a Figura 4. Como esperado, com o aumento da acidez ocorreu a redução dos valores de pH independente da aplicação de revestimento. Dessa forma, avaliando a vida de prateleira dentro de cada tratamento observa-se estatisticamente que houve diferença entre o pH dos frutos durante o período de armazenamento, porém não houve diferença entre os tratamentos. Concordando assim com os resultados obtidos na acidez titulável. A redução do pH influencia na diminuição da capacidade de desenvolvimento dos microrganismos. As amostras GGAS, GGCS e Controle tiveram os menores valores de pH entre 4,0 – 4,5. Em caso de contaminação as mesmas teriam predominância de leveduras oxidativas e/ou fermentativas e/ou de bolores. Sendo assim, os três tratamentos supracitados que possuem o pH entre 4,0 e 4,5 seriam os mais desejáveis, uma vez que o pH restringe o meio a um grupo seleto de microrganismos. Lima (2005) descreveu que a diminuição dos valores de pH em mamão minimamente processado está associada à produção de ácido málico e de ácido cítrico.

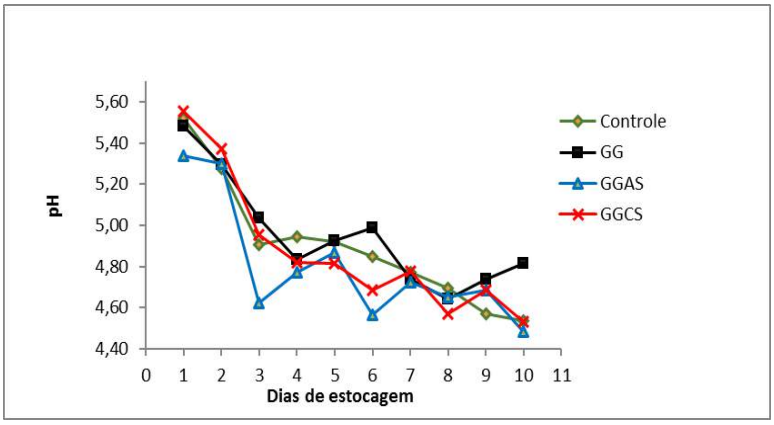


Figura 3. pH para mamão formosa minimamente processado com revestimento a base de gelatina.

e) Microbiólogica

Rocha *et al*., (2011) menciona que a legislação brasileira, Resolução RDC N° 12, de 2 de janeiro de 2001, do Ministério da Saúde, não estabelece nenhum tipo de exigência aos padrões microbiológicos para vegetais minimamente processados quanto a bolores e leveduras. Rocha *et al*., (2011) descreve que alimentos com contagens microbianas acima de 10^6 UFC.g^{-1} podem ser impróprios para o consumo humano, pelo fato de possuir riscos de toxinfecções, além da perda nutricional do alimento e alterações sensoriais.

Comparando os tratamentos em relação ao controle verificou-se poucas variações com a aplicação de revestimento, conforme pode ser observado na Tabela 1. Isto pode estar relacionado à realização da sanitização no início do processamento. Para bolores e levedura a contagem para todos os tratamentos até o sétimo dia de armazenamento foi inferior a 6 ciclos logarítmicos, considerados dentro dos limites aceitáveis para consumo. A amostra GGAS apresentou as menores contagens até o final do período de armazenamento (6,28 Log UFC.g^{-1}).

Trigo (2010) chegou a resultados aceitáveis para bolores e leveduras em mamões com revestimento comestível até o 12° dia de estocagem, tal efeito foi alcançado devido a temperatura de estocagem (5°C) assim como pelo uso de atmosfera modificada. Botrel *et al*., (2007) avaliou revestimento de quitosana em alho minimante processado e sugeriu que sua concentração deve ser acima de 0,5% pois, a quitosana é inibidora de várias bactérias deteriorantes por possuir capacidade de ligar moléculas e inativar enzimas, bem como absorver nutrientes que seriam de uso da bactéria. No caso o revestimento a base de gelatina, essa por ser uma proteína, pode influenciar no desencadeamento de microrganismos contaminantes como é o caso de bolores e leveduras. Mas quando aplicada na conservação de mamão minimamente processado contribuiu para um aumento do *shelf life* de meia vida.

Tabela 1. Resultados da contagem de Bolores e Leveduras (Log UFC.g^{-1}) comparando os tratamentos, com relação aos dias de estocagem.

Tratamentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Controle	>3,00^{d}	3,04^{d}	4,54^{d}	4,04^{cd}	3,74^{d}	5,62^{ab}	>4,00^{bc}	6,85^{a}	6,81^{a}	>7,00^{a}
GG	>3,00^{d}	4,00^{d}	2,81^{d}	3,40^{cd}	3,81^{d}	5,26^{ab}	4,48^{bc}	7,04^{a}	6,66^{a}	>7,00^{a}
GGAS	4,01^{d}	3,28^{d}	2,78^{d}	4,00^{cd}	3,47^{d}	5,39^{ab}	5,60^{bc}	5,91^{a}	6,21^{a}	6,28^{a}
GGCS	4,01^{d}	2,97^{d}	2,60^{d}	3,84^{cd}	3,30^{d}	5,74^{ab}	5,89^{bc}	6,71^{a}	6,71^{a}	6,50^{a}

Médias e desvios-padrão seguidos de letras minúsculas sobrescritas na mesma linha indicam diferença ($p<0,05$) entre os diferentes filmes.

4. CONCLUSÃO

O uso de revestimentos comestíveis em frutas a base de proteína de origem animal, como é o caso da gelatina, possui uma gama de linhas de pesquisas que poderão ser exploradas, assim como diversas abordagens de metodologias que poderão ser aplicadas, principalmente ao aumento da vida de prateleira.

Em relação ao revestimento de gelatina em mamão minimamente processado pode-se concluir que o revestimento contribui para um aumento da vida de prateleira em meia vida, assim como na manutenção da cor e na perda de massa. Porém o estresse que é provocando quando o mesmo é cortado expõe a uma área de maior contato, o que acelera a sua taxa de respiração. O contato com utensílios pode aumentar a degradação, pois os utensílios já possuem uma carga microbiológica, fazendo com que aumente a carga microbiana e consequentemente diminua a aceitabilidade.

Como existe uma variedade de revestimentos comestíveis sendo testadas nos mais diversos tipos de alimentos, mostra-se interessante testar a combinação desses revestimentos assim como tecnologias rentáveis que ao mesmo tempo possam trazer segurança e qualidade para a mesa do consumidor.

Os resultados obtidos entre os diferentes testes envolvidos destacam que a amostra tratada com GGAS apresenta os melhores comparativos envolvendo as análises microbiológicas e físico-químicas. A amostra em questão, na análise de perda de massa apresentou a menor perda no décimo dia de avaliação. Para SST, duas amostras apresentaram-se com os melhores resultados, dentre elas estão as amostras: GGAS e GGCS, as quais aumentaram significativamente o teor de °Brix apresentando um valor final de 9,9 para GGCS e 10,7 para GGAS. As mesmas amostras apresentaram os mais altos valores de acidez e com ela uma menor taxa de crescimento microbiológico. A amostra GGAS destaca-se assim pela eficiência do filme em relação ao controle microbiológico e na qualificação das amostras físico-químicas.

5. REFERÊNCIAS

Botrel, D. A., Soare, N. F. F., Geraldine, R. M., Pereira, R. M., Fontes, E. A. F., 2007. "Qualidade de alho (Allium sativum) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano". *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, vol. 27. 32-38, UFV. Viçosa – MG, Brasil.*

Dantas, J. L., Junghans, D. T., Lima, J. F., 2013. "Mamão: O produtor pergunta, a Embrapa responde". *2. Ed., EMBRAPA. Brasília – DF, Brasil.*

Fagundes, G. R., Yamanishi, O. K., 2001. "Características físicas e químicas de mamoeiro do grupo 'solo' comercializado em 4 estabelecimentos de Brasília-DF". *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 23, nº. 3, p. 541-545, UnB. Brasília – DF, Brasil.*

Fakhouri, F. M., Grosso, C. "Efeito de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas in natura (Psidium guajava L.) mantidas sob refrigeração". *Braz. J. Food Technol., v.6, n.2, p. 203-211, Campinas – SP, UNICAMP. 2003.*

Fernandes, P. L. O., Aroucha, E. M. M., Souza, P. A., Sousa, A. E. D., Fernandes, P. L. O., 2010. "Qualidade de mamão 'Formosa' produzido no RN e armazenado sob atmosfera passiva". *Rev. Ciênc. Agron., v. 41, nº. 4, p. 599-604, UFERSA. Mossoró – RN, Brasil.*

Lemos, O. L., 2006. "*Utilização de biofilme comestível na conservação pós-colheita do pimentão 'Magali R'*". Dissertação – UESB. Vitória da Conquista – BA, Brasil.

Lemos, O. L., Rebouças, T. N., José, A. R. S., Vila, M. T. R., Silva, K. S., 2007. "Utilização de biofilme comestível na conservação de pimentão ´magali r' em duas condições de armazenamento". *UNESP, v.66, nº.4, p.693-699. Campinas – SP, Brasil.*

Lima, A. S., Ramos, A. L. D., Marcellini, P. S., Batista, R. A., Faraoni, A. S., 2005. "Adição de agentes antiescurecimento, antimicrobiano e utilização de diferentes filmes plásticos, em mamão minimamente processado". *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 27, nº.1, p.149-152. UNIT. Aracajú – SE, Brasil.*

Luvielmo, M. M., Lamas, S. V., 2012. "Revestimento comestíveis em frutas". *Estudos Tecnológicos em Engenharia, vol. 8, N. 1, p. 8-15. UFP. Pelotas – RS, Brasil.*

Melo, B., Almeida, M. S., 2004. "Valor nutricional das frutas". *UFU. Uberlândia – MG, Brasil.*

Rinaldi, M. M., Benedetti, B. C., Calore, L., 2005. "Efeito da embalagem e temperatura de armazenamento em repolho minimamente processado". *Revista ciênc. Tecnol. Aliment. Vol.25 no.3. Campinas – SP, Brasil.*

Rocha, T. M., Freire Jr, M., Sabaa-Srur, A. U. O., Soares, C. M., 2011. "Qualidade microbiológica de carambola (Averrhoa carambola L.) minimamente processada: Benefícios da aplicação de revestimento comestível". *UFRRJ. Seropédica - RJ, Brasil.*

Santos, M. C. A., Silva, T., 2010. "Avaliação do mercado de frutas e hortaliças embaladas, minimamente processadas, orgânicas e desidratadas na capital de minas gerais". *CEASAMINAS/MG, p.113. Minas Gerais, Brasil.*

Schrieber, R., Gareis, H., 2007. "Gelatine Handbook – Theory and Industrial Practice." *Editora Wiley-VCH Verlang GmbH & KGaA". Germany.*

Silva, E. M., 2011. "Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão". *DEQUI/UFRGS. Porto Alegre – RS, Brasil.*

Trigo, J. M., 2010. "*Qualidade de mamão formosa minimamente processado utilizando revestimento comestível*". Dissertação – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil.

6. RESPONSIBILITY NOTICE

Os autores são responsáveis pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ELABORAÇÃO, AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E SENSORIAL DE EXTRATO DE PIMENTÃO (*Capsicum annuum L.*)

Jean Carlo Rauschkolb
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Av. Sete de Setembro, 1621 - Fátima, Erechim - RS, 99709-910
jeancarlo_ab@hotmail.com

Alisson Eduardo Richetti
Priscila Mayara Wust
Renan Bruno Dal Cero
Instituto Federal Catarinense, Rodovia SC 283, s/n - Vila Fragosos, Concórdia - SC, 89700-000
alisson.richetti@outlook.com
priscilawust0@gmail.com
renanbrunod@gmail.com.

Resumo: *A necessidade de atender o consumidor atraindo-o e o satisfazendo com as novas alternativas que agregam agilidade e praticidade ao seu dia-a-dia, tem elevado a necessidade de elaboração de novos produtos. Diante desta perspectiva, o presente trabalho objetivou analisar a intensão de compra, elaborar, verificar as características sensoriais e a qualidade microbiológica de um extrato de pimentão. O pimentão é uma hortaliça de popularidade na mesa de diversas famílias, por apresentar cores e sabores aos pratos elaborados, além de apresentar interesse para a indústria de alimentos na extração de pigmentos. A elaboração do presente extrato deu-se pela utilização de pimentões verdes, que foram lavados, removidas as sementes, então, triturados, pasteurizado e concentrado até apresentarem um aspecto de massa homogênea. Uma análise de mercado com intensões de compra fora realizada através de questionário on-line e presencial, a avaliação das características do produto elaborado deu-se pela contagem de coliformes, bolores e levedura. Para o teste de aceitação sensorial avaliou os atributos de aroma, sabor e aceitação global através de uma escala de 6 pontos.*

Palavras-chave: *Praticidade, Produto inovador, Pimentão*

1. INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum L.*) é uma hortaliça popular no Brasil, sendo um ingrediente apreciado em vários pratos. O cultivo do pimentão é uma atividade significativa para o setor agrícola brasileiro. Anualmente, cerca de 12.000 hectares são cultivados com esta hortaliça, tendo uma produção de aproximadamente 280 mil toneladas de frutos. A produção de pimentão concentra-se nos estados de São Paulo e Minas Gerais que plantam, em conjunto, cerca de 5.000 ha, alcançando uma produção de 120 mil toneladas (Ribeiro e Cruz, 2002).

O mercado externo importa muito pimentão desidratado em pó (páprica) e é extremamente exigente quanto à qualidade do produto, sendo assim é essencial a escolha de uma cultivar adequada, com polpa grossa, alto teor de pigmentos, elevado rendimento industrial e que produza um pó com grande estabilidade (Ribeiro e Cruz, 2002).

O mercado interno consome pimentão na forma desidratada como condimento/tempero em sopas de preparo instantâneo e em molhos. Apesar de que grande parte da população brasileira desconhece a existência e a composição da páprica, assim como sua utilidade na culinária, existe potencial para uma popularização deste condimento (Ribeiro e Cruz, 2002).

O pimentão *in natura* possui valor elevado de compra perante outros vegetais como tomate e cebola, e devido à importância dada aos pratos preparados, o pimentão processado é uma alternativa ao consumo e em forma de extrato agregaria valor ao produto, oferecendo aos seus consumidores agilidade e praticidade no preparo das refeições, preenchendo assim uma lacuna no mercado de molhos prontos e extratos vegetais.

Devido a esses fatores o presente trabalho objetivou a elaboração de um extrato de pimentão assim como análise de mercado com intensões de compra, microbiológica de coliforme, bolores e leveduras para a comprovação da eficiência do tratamento térmico e a análise de aceitação sensorial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia, nos laboratórios do Curso de Engenharia de Alimentos.

Os pimentões da cor verde foram adquiridos no comércio de Concórdia – Santa Catarina, recém-chegados do CEASA e armazenados até o início do processamento.

Para a formulação do extrato, utilizou-se de sal e açúcar bem como utensílios disponibilizados pelo próprio laboratório.

2.1 Processamento dos frutos

Os pimentões passaram por processo tecnológico adequando, através das etapas de: pesagem, lavagem com água corrente, sanitizados com hipoclorito de sódio (100 ppm), no período de 15 minutos, seguido de enxágue, cortados manualmente e retirados os pedúnculos e sementes com auxílio de facas e triturados em um liquidificador semi-industrial.

2.2 Preparao do extrato de pimentão

A elaboração do extrato de pimentão foi baseada de acordo com a elaboração do extrato de tomate, onde realizou-se a concentração da massa de pimentão triturada, colocando-a em um concentrador de aço inox e mantido em fogo brando até formar uma massa consistente e homogênea. A adição de açúcar e sal foi feita de modo que não ultrapassasse o limite tolerado de 5% de cloreto de sódio e 1% açúcar e que a concentração não fosse inferior a 18°Brix (Brasil, 1978). Posteriormente o extrato foi envasado ainda quente em frascos de vidro e tampados hermeticamente.

2.3 Análise de mercado

A pesquisa de mercado sobre a elaboração do extrato de pimentão foi realizada na cidade de Concórdia/SC, sendo feita em questionário on-line e presencial com intuito de verificar a aceitação do produto frente a opinião dos consumidores, preferência dos consumidores entre os diferentes tipos de pimentões e referência de preço sobre o produto.

2.4 Análise microbiológica

Os critérios para análise microbiológica seguiram a legislação vigente para hortaliças (Brasil, 2001), já que não há padrão para pimentão. A análise microbiológica feita no extrato de pimentão foi referente a contagem de coliformes, bolores e leveduras.

Os coliformes foram determinados pelo método do NMP, pela técnica dos tubos múltiplos, que consta de duas fases distintas: a fase do teste presuntivo e teste confirmativo (Silva *et al*., 2007). Assepticamente, foram pesadas 25 gramas de extrato de pimentão, diluída em 225ml de água peptonada 0,1% e homogeneizada em um BagMixer, constituindo-se, assim a diluição 10^{-1}. Posteriormente foram realizadas diluições até 10^{-3}. A partir de cada diluição, transferiu-se 1 mL para uma série de 3 tubos contendo caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), com tubo de Duhran invertido (teste presuntivo). Os tubos foram incubados em estufa a 35°C por 24 a 48 horas. A partir dos tubos com leitura positiva (turvação e formação de gás), realiza-se os testes confirmativos para coliformes totais em caldo Lactose Bile Verde Brilhante (VB) a 35°C por 48 horas e coliformes termotolerantes em caldo *Escherichia coli* (EC) a 44,5°C por 24 horas.

Para a contagem de bolores e leveduras, foi utilizado o método de plaqueamento em Ágar Batata Desxtrose acidificado com ácido tartárico 10% até atingir pH 3,5. Assepticamente, foram pesadas 25 gramas de extrato de pimentão diluída em 225ml de água peptonada 0,1% e homogeneizada em um BagMixer, constituindo-se, assim a diluição 10^{-1}. Posteriormente foram realizadas diluições até 10^{-3}. Alíquotas de 0,1 mL foram semeadas na superfície do Ágar Batata Dextrose e as placas foram incubadas a 25°C por 3 a 5 dias. Os resultados foram expressos em Unidades Formadoras de Colônias por grama de amostra ($UFC.g^{-1}$).

2.5 Análise sensorial

A análise sensorial deu-se pelo teste de aceitação, onde participaram 40 julgadores não treinados, de diferentes faixas etárias e sexo, pertencente ao quadro de funcionários e estudantes do Instituto Federal Catarinense – Câmpus Concórdia. As amostras foram incrementadas em molho de tomate para o preparo de cachorro quente, apresentadas de forma monádica, codificadas com número de três dígitos aleatórios. A aceitabilidade foi avaliada através da aroma, sabor e aceitação global por meio de uma ficha individual de avaliação, que continha uma escala de 6 pontos (6= gostei extremamente, 5= gostei moderadamente, 4= não gostei/nem desgostei, 3= desgostei moderadamente, 2= desgostei muito, 1= desgostei extremamente). Os parâmetros sensoriais, aroma, sabor e aceitação global, foram avaliados

estatisticamente para obtenção de média, e submetidos ao teste de Tukey para comparação das médias, utilizando o *software Action* versão 2015.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise de mercado

Os resultados da análise de mercado, foram realizados por 318 pessoas no qual 246 eram mulheres e 72 homens. A faixa etária avaliada tinha na sua maioria idade entre 18-24 anos cerca de 150 pessoas, 102 pessoas com idade entre 25-30 anos, 62 pessoas mais de 30 anos e 4 pessoas menos de 18 anos. As informações levantadas no questionamento tratavam sobre o consumo de pimentão, essa que foi considerada de grande importância já que ela conduzia o entrevistado a continuar ou a finalizar o seu questionário caso não gostasse de pimentão.

A partir disso 300 pessoas relataram que "sim" consumiam pimentão (94,29%), apenas 18 não consumiam. A preferência dentre os tipos de pimentão existentes foi dada ao pimentão verde com 122 votos, seguido do vermelho com 40 votos e do amarelo com 15 votos, o restante não tinha preferência por cores. Quando os entrevistados foram questionados quanto a aplicação que os mesmos fazem do pimentão, a sua maioria utiliza o vegetal em molhos (247 pessoas), assim confirmando o interesse por um produto que teria um grande desempenho quando aplicado neste tipo de prato. Como resultado satisfatório 277 pessoas comprariam um extrato de pimentão caso o mesmo existisse no "mercado" sendo que a faixa de preço sugerida pelos entrevistados seria de até R$ 3,00 (212 votos).

Pesquisas de mercado são relevantes quando se deseja expor um novo produto ou fazer mudanças quanto a produtos já consolidados no mercado. No desenvolvimento de novos produtos, há aspectos que podem se levar em conta que influenciam a sua aceitação no mercado. Os mais importantes estão relacionados com a adequada identificação das necessidades dos consumidores, o grau de satisfação dos clientes, e o grau de inovação dos produtos (Moreira, 2005). Segundo Neves e Castro (2003) o lançamento de novos produtos busca-se a diferenciação, estratégia mercadológica que pode ser atingida através de atributos do produto, tais como aparência, praticidade, sabor e qualidade.

3.2 Análise microbiológica

Os resultados para a análise microbiológica, apresentaram condições sanitárias satisfatórias para o consumo, com valores de coliformes totais < 3,0 $NMP.g^{-1}$ ausência de coliformes, após decorrido o período de 48 horas. Jorge *et al*., (2017), avaliou a presença de coliformes fecais em tomates fertirrigado com diferentes taxas de nitrogênio e obteve contagem menor que < 3 $NMP.g^{-1}$ de coliformes fecais em 25 gramas de amostra, estando de acordo com a legislação brasileira (RDC 12). Batista *et al*., (2017) observou em frutos do mamoeiro produzidos com esgoto doméstico tratado não apresentou nenhuma contaminação por coliforme não apresentando nenhum risco para consumo *in natura*. Tal fato é similar com o que acontece com o pimentão pois se tem uma distância vertical entre os frutos e a superfície do solo, onde é feita de forma localizada a aplicação do esgoto doméstico tratado. Malloul *et al*., (2001) relatam que plantas desenvolvidas rente ao solo estão mais expostas à contaminação de microrganismos presentes no efluente.

Na amostra analisada, não foram detectados índice de crescimento fúngico no extrato de pimentão utilizando a técnica de plaqueamento direto. Isso pode ser atribuído ao tempo de incubação adotado, tempo esse considerado insuficiente para o desenvolvimento das UFC de bactérias (Souto *et al*., 2008). A legislação (Brasil, 2001) não determina um limite de tolerância para os micro-organismos analisados, pois esse é um teste qualitativo e o produto não seria comercialmente estéril se o laudo fosse positivo. O acondicionamento do produto em embalagens hermeticamente fechadas contribuiram para o resultado satisfatório, assim como o processamento. O uso de matéria-prima de qualidade e a realização de um processamento tecnológico adequado são medidas de controle para bolores e leveduras no processamento de extrato de pimentão.

3.3 Análise Sensorial

Os atributos sensoriais, aroma, sabor e aceitação global, não obtiveram diferença significativa ($p \leq 0,05$) (Tabela 1). O parâmetro sabor apresentou a maior média de aceitação sensorial (5,8), já o aroma apresentou uma média de aceitação (5,5) e aceitação global de (5,6). Resultados inferior ao encontrado por Brito *et al*., (2012), para geleia de pimentão, que encontraram uma aceitação global de 5,94. As notas atribuídas podem ser explicadas pelo fato de a equipe de provadores não ter sido treinada para análise deste produto especificamente. Como o produto elaborado é considerado "produto de incremento", as características sensoriais podem ter sido mascaradas pela adição dos demais componentes do molho. Chinelate (2008), analisou sensorialmente farinha de linhaça em sorvete, sendo que a concentração maior da farinha de linhaça se sobressaiu em relação ao sabor adocicado do sorvete.

Tabela 1. Média dos escores sensorial do extrato de pimentão

Atributos	Médias
Aroma	5,5[a]
Sabor	5,8[a]
Aceitação global	5,6[a]

Médias com mesma letra, não são significativamente diferentes, no nível de 5%, pelo teste de Tukey.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que os processos para conservação do produto foram eficientes. Portanto a utilização de pimentão para a elaboração de um extrato de pimentão, torna-se uma alternativa promissora, pois trata-se de um produto inovador podendo gerar uma demanda de compra da mesma forma que os molhos de mostarda e ketchup criaram ao longo do tempo, agregando praticidade ao produto.

5. REFERÊNCIAS

Batista, A. A., Dutra, I., Carmo, F. F., Izidio, N. S. C., Batista, R. O., 2017. "Quality in papaya fruit produced with treated domestic sewage". *Rev. Ciênc. Agron. vol.48 no.1*. Fortaleza, Brasil.

BRASIL., 1978. "Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – CNNPA nº 12, de 1978. Extrato de Tomate". jul, 2017 < http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/12_78.pdf>.

BRASIL., 2001. "Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001". jul, 2017. < http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc_12_2001.pdf>.

Chinelate, G. C. B., 2008. "*Gelado comestível à base de leite de búfala com ingredientes funcionais: Aplicação de linhaça (Linum usitatissunum L.) e quitosana*". Dissertação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Jorge, M. F., Nascimento, K. O., Junior, J. L. B., Silva, L. D. B., Barbosa, M. I. M. J., 2017. "Physicochemical characteristics antioxidante capacity and phenolic compounds of tomatoes fertigated with different nitrogen rates". *Rev. Caatinga vol.30 no.1*. Mossoró, Brasil.

Ribeiro, C. S. C., Cruz, D. M. R., 2002. "Tendência de Mercado". *Rer. Cultivar Hortaliças e Frutas. Ed.14*. Distrito Federal, Brasil.

Silva, N., Junqueira, V. C. A., Silveira, N. I., Taniwaki, M. H., Santos, R. F. S., Gomes, R. A. R., Okazaki, M. M., 2007. *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos*. Varela, São Paulo 3nd edition.

Souto, P. C., Souto, J. S. Miranda, J. R. P., Santos, R. V., Alves, A. R., 2008. "Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba". *Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.32 no.1*. Viçosa, Brasil.

Melloul, A. A., Hassani, L., Rafouk, L., 2001. "Salmonella contamination of vegetables irrigated with untreated wastewater". *World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 17, n. 2*. Marrakesh, Marocco.

Moreira. A. C., 2005. "O problema da co-especialização no desenvolvimento colaborativo de novos produtos". *Revista Produção, v. 15, n. 1*. São Paulo, Brasil.

Neves, M. F., Castro, L. T., 2003. *Marketing e estratégia em agronegócios e alimentos*. Atlas, São Paulo, Brasil.

Prado, A. A. O. S., Santos, R. M., Souza, J. F., Brito, T. T., Nunes, T. P., Carnelossi, M. A. G., 2012 "Elaboração e análise sensorial de geleia de pimentão (Capsicum annum L.)". *Hortic. bras., v. 30, n. 2*. Aracajú, Brasil.

6. RESPONSIBILITY NOTICE

Os autores são responsáveis pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO CINÉTICO DA SECAGEM DE DUAS VARIEDADES DE ABACAXI UTILIZANDO OS MÉTODOS DE ESTUFA E LIOFILIZAÇÃO

Juliana Steffens
Marshall Paliga
Taísa Renata Piotroski Boscato
Ilizandra Aparecida Fernandes
Clarice Steffens

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. * e-mail: julisteffens@uricer.edu.br; marshallpaliga@gmail.com, taisa.boscatto@gmail.com, ilizandrafernandes@yahoo.com.br; clarices@uricer.edu.br

Resumo. *O objetivo deste trabalho foi avaliar a cinética de secagem e os parâmetros de qualidade – Aw, umidade final e pH – das variedades de abacaxi Pérola e Havaí em dois tipos de secagem, em estufa por convecção e em liofilizador, comparando resultados. Foi possível ver que não existe uma diferença significativa entre as variedades e que não existe um ou outro melhor método de secagem, depende do produto final esperado. Após 25 horas e 30 minutos sob temperatura de 70°C a perda de massa em estufa foi de 87,1% para a amostra de abacaxi Pérola tanto triturado quanto em pedaços. E para o abacaxi Havaí a amostra triturada teve 84,5% e a amostra em pedaços teve 83,5%. E após 102 horas sob baixas temperaturas a perda de massa em liofilizador foi de 86,1% do abacaxi pérola em pedaços e o triturado foi de 86,93% e para o abacaxi Havaí em pedaços a perda foi de 83% e o triturado apresentou 84,15%.*

Palavras-chave: *secagem, abacaxi, liofilização.*

1. INTRODUÇÃO

O abacaxi é uma fruta tropical que apresenta tanto características sensoriais atrativas (propriedades mecânicas, *flavor*, acidez/doçura, coloração) quanto nutricionais (ácido ascórbico, minerais, fibras, antioxidantes, etc) (Ramallo, 2012).

De acordo com dados da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em 2016 o Brasil teve uma área plantada de 64,8 mil hectares de abacaxi, com uma produção de 1.736,9 milhões de frutos, sendo assim uma produtividade de 26.819 frutos/hectare.

Por ser uma fruta amplamente utilizada em diversos ramos da alimentação, percebe-se a necessidade de manter um estoque do fruto no período onde não há produção, e por se tratar de um alimento extremamente perecível se observa a necessidade de processos que prolonguem a sua vida útil.

A secagem é o processo mais antigo utilizado pelo homem na conservação de alimentos, sendo modificado e melhorado ao longo do tempo (Gava, 1998).

A secagem é a remoção física da água, a aplicação controlada do calor pode ser usada para secar alimentos sob pressão atmosférica através da evaporação ou sob pressão reduzida pela sublimação, ou seja, secagem por ar ou liofilização (Campbell-Platt, 2015).

A secagem por ar em secador, onde a temperatura e a umidade do ar de secagem se mantêm constantes e o calor é proporcionado ao alimento por convecção podem-se ajustar as mudanças no conteúdo de umidade do alimento às curvas de secagem mostradas na Fig.1, podem ser observadas a fase AB de estabilização, o período de velocidade constante (fase BC) e o período de secagem em velocidade decrescente representada pela fase CD (Nespoldo, 2015).

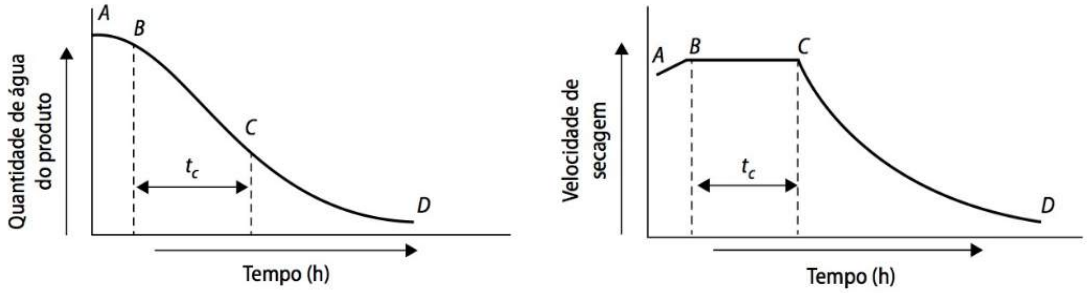


Figura 1. Curvas de Secagem de sólido úmido em ar a temperatura e pressão constantes. Fonte: Nespoldo (2015)

Segundo Celestino (2010), processos com tratamento térmico tendem levar a perda de nutrientes e vitaminas, porém apresentam diversas vantagens, tais como: Aumento da vida útil do produto; Apesar de ter uma perda significativa dos nutrientes o alimento desidratado é nutritivo pois pela perda da água o valor alimentício concentra-se; Facilidade no transporte e comercialização, pois quando seco o alimento fica mais leve, compacto e a qualidade permanece inalterada por longos períodos; O processo de secagem é econômico, os secadores têm baixo custo, a mão de obra não necessita ser especializada e os produtos desidratados tem baixo custo de armazenagem; Redução nas perdas pós-colheita.

Outro método de secagem é a liofilização onde a água é removida por sublimação. O alimento é primeiro congelado e depois, por meio da utilização de baixas pressões e pequenos aumentos de temperatura, a água é transformada em vapor e o alimento é desidratado. São obtidos alimentos de alta qualidade (mantendo características sensoriais e nutricionais), porém é um método de custo elevado e utilizado em casos de produtos com alto valor agregado (Nespoldo, 2015).

Alimentos liofilizados costumam apresentar uma qualidade melhor do que os produzidos pela secagem a ar. Isso porque a temperatura do alimento durante o aquecimento é muito menor e a amostra do alimento não passa por uma desidratação gradual, resultando em um período de tempo no qual a atividade de água (Aw) é de cerca de 0,6-0,8; em vez disso, as partes do alimento ficam ou totalmente hidratadas (ainda que congeladas) ou desidratadas, pois a frente de sublimação se move gradualmente através do alimento. Além disso, a baixa temperatura significa que os componentes voláteis não tendem a se perder durante a secagem (Campbell-Platt, 2015).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a cinética de secagem e os parâmetros (Aw, pH, °Brix e umidade final) de duas variedades de abacaxi, o Pérola e o Havaí, utilizando secagem em estufa e em liofilizador.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os abacaxis obtidos no comércio local, foram descascados e cortados. As amostras destinadas à secagem em liofilizador foram dispostas sobre placas de vidro e as amostras destinadas à secagem em estufa foram dispostas em papel alumínio. Primeiramente, os recipientes foram pesados individualmente, tendo suas massas anotadas. Em seguida, foram adicionadas as amostras, pesando a massa de amostra mais recipiente. Para cada método de secagem e variedade de abacaxi testados foram utilizados 5 recipientes (placas). A Figura 2 mostra foto das Variedades utilizadas.

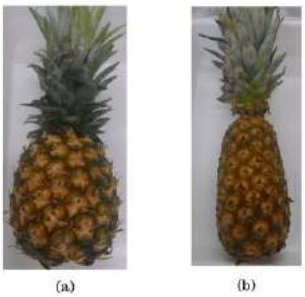


Figura 2. Variedades dos abacaxis em estudo. (a) Abacaxi Havaí e (b) Abacaxi Pérola.

As amostras cortadas foram identificadas de PE-01 a PE-05, para abacaxi Pérola e HE-01 a HE-05 para abacaxi Havaí. As amostras trituradas foram identificadas como PE-00 e HE-00 para as variedades Pérola e Havaí, respectivamente.

Uma parcela de cada variedade de abacaxi foi triturada em liquidificador para posterior análise de °Brix, pH e Aw. Ainda, uma alíquota de cada uma destas amostras trituradas foi disposta em placa de vidro para secagem em cada um dos métodos, utilizando o mesmo método de pesagem descrito acima.

A secagem em estufa foi realizada na temperatura de 70°C. O tempo de secagem foi de 25 horas e meia. Durante este período acompanhou-se a perda da água pela medição da massa das amostras em oito pontos além do tempo inicial. Em cada medição de massa as amostras eram redistribuídas de forma aleatória no interior da estufa, para reduzir a interferência da posição da amostra no resultado.

As amostras liofilizadas permaneceram por 102 horas em Liofilizador Modulyo, Edwards e só se pode obter o peso inicial das placas e o final.

Ao final da secagem as amostras foram embaladas à vácuo em embaladora à Vácuo 200B, Selovac, para posterior análise de pH, Aw e umidade final. O pH foi medido em pHmetro de bancada- Modelo DM-22 marca Digimed, onde a amostra foi dissolvida em água destilada. A atividade de água foi medida em Analisador de Atividade de Água – Labtouch marca Novasina. E a umidade a partir do Medidor de Unidade ID-200, marca Marte Científica.

Os dados obtidos a partir da secagem em estufa foram organizados de forma onde foram calculadas as taxas de secagem, percentuais mássicos das amostras e percentuais de água evaporada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os parâmetros Aw, pH, °Brix e umidade final foram verificados para as duas variedades dos abacaxis em estudo, tanto antes quanto depois das secagens.

Tabela 1. Resultados obtidos de pH, °Brix, Aw e umidade para as amostras in natura, secas pela estufa e por liofilização.

Análises	In natura			Estufa			Liofilizador		
	pH	°Brix	aw	pH	Umidade (%)	aw	pH	Umidade (%)	aw
A. Pérola	3,63	9,7	0,971	3,84	12,1	0,378	3,73	14,3	0,529
A. Hawaí	3,74	8,9	0,973	4,05	10,9	0,420	4,01	13,6	0,302

Os °Brix foram verificados apenas na fruta in natura. O pH manteve-se praticamente inalterado para as duas variedades, esse mesmo comportamento foi notado por Machado et al., (2012), onde os valores de pH de abacaxis pérolas não diferiram entre as temperaturas de secagem (40-70°C), ficando próximo a 3,7. O valor de pH encontrado neste trabalho situa-se próximo ao valor observado por RAMOS et al., (2008) de 3,99 onde relatam que o pH do abacaxi desidratado não alterou em relação ao abacaxi in natura, mostrando que a redução no conteúdo de água não interfere no potencial hidrogeniônico do alimento.

A umidade final obtida variou de 10,9 até 14,3 dentre as duas variedades e dos tipos de secagem. Ranken (1993) afirma que o abacaxi desidratado é considerado alimento de umidade intermediária, pois apresenta umidade entre 15 e 30%, bem como, atividade de água na faixa de 0,65-0,85. Todos os resultados obtidos para umidade e Aw foram inferiores aos obtidos por RANKEN, sendo assim o abacaxi obtido poderia ser armazenado em temperatura ambiente pois Aw menores que 0,55 são considerados alimentos de baixa umidade.

As amostras de abacaxi em pedaços destinadas a secagem em estufa foram de 51,60±14,73 g para o abacaxi Pérola e 75,35±11,80 g para o abacaxi Havaí, enquanto as amostras trituradas foram de 40,94g e 36,98g para as variedades Pérola e Havaí, respectivamente. A Figura 3 mostra os abacaxis antes (a) e após (b) a secagem em estufa.

A partir da Figura 3 pode se notar a perda de massa do abacaxi, mostrando o antes e o depois da secagem em estufa. Pode-se perceber que os abacaxis obtidos pela secagem em estufa apresentaram um aspecto de queimado e pegajoso. Para Marques (2008), esse encolhimento significante na secagem convectiva é explicado pela temperatura do processo ser maior que o Tg dos materiais, desta forma encontra-se borrachudo, tem sua deformação facilitada e mudanças como pegajosidade, colapso e baixa qualidade. Acredita-se que a temperatura de 70°C por 25 horas e 30 minutos é um binômio tempo x temperatura muito brusco para um alimento sensível como o abacaxi.

As Figuras 4 e 5 demonstram a perda de massa da amostra de abacaxi Pérola e Havaí, respectivamente, durante o período de secagem em estufa de 25 h e 30 min. Os resultados são expressos em percentual da massa total de amostra evaporada.

Figura 3. Abacaxis antes (a) e após (b) a secagem em estufa.

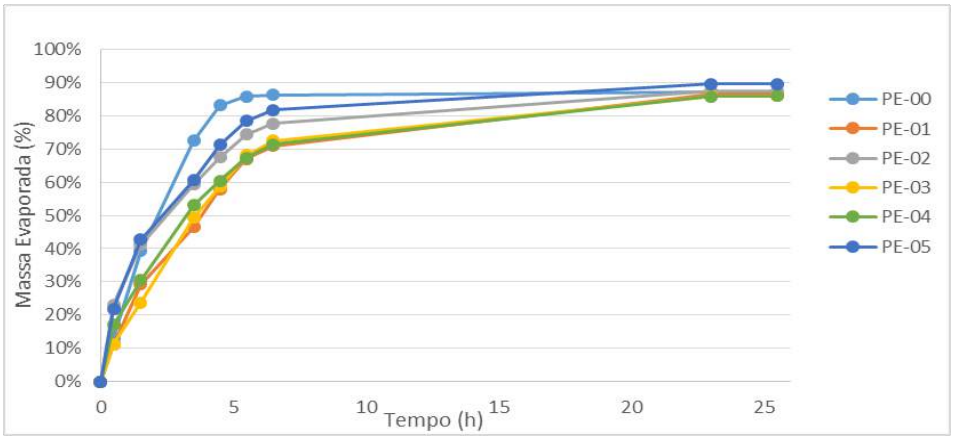


Figura 4. Curva de secagem em estufa do abacaxi Pérola.

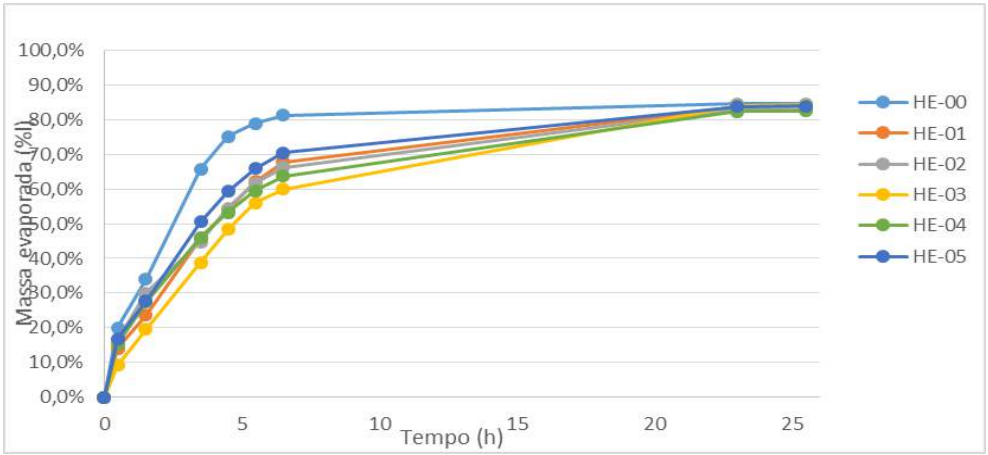


Figura 5. Curva de secagem em estufa do abacaxi Havaí.

Nota-se nas Figuras 4 e 5 que as amostras trituradas (PE-00 e HE-00) tiveram cinética de secagem mais rápida, comparativamente às amostras em pedaços. No tempo de 4,5 horas de secagem, as amostras trituradas haviam perdido 83,1% e 75,1% para abacaxi Pérola e Havaí, respectivamente, enquanto as amostras em pedaços haviam perdido entre 57,9% e 71,3% da massa para o abacaxi Pérola e entre 48,3% e 59,3% para o abacaxi Havaí. Isso pode demonstrar a interferência da resistência à transferência de massa envolvidas no processo de secagem. Este efeito é visto somente após 3,5 horas de secagem, indicando que no período inicial da secagem, onde a água que está sendo removida se encontra mais fracamente ligada, a resistência à transferência de massa não é relevante.

Apesar da velocidade de secagem ser maior para as amostras trituradas, o percentual de água removido ao final do processo é semelhante. Para o abacaxi Pérola, a amostra triturada teve 87,1% de perda de massa, enquanto as amostras cortadas tiveram 87,1±1,5%. Para o abacaxi Havaí, a amostra triturada teve 84,5% de perda de massa, enquanto as amostras em pedaços alcançaram 83,5±0,7%.

As Figuras 6 e 7 demonstram as velocidades de secagem em estufa para as variedades de abacaxi Pérola e Havaí, respectivamente. Os resultados são expressos em razão da variação percentual da massa de amostra removida pela variação de tempo versus tempo de secagem.

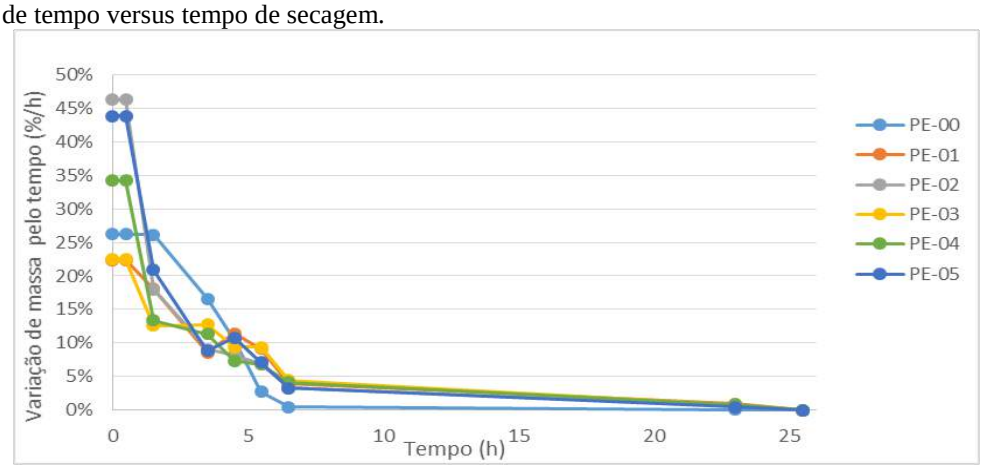


Figura 6. Taxa de secagem em estufa do abacaxi pérola ao longo do tempo.

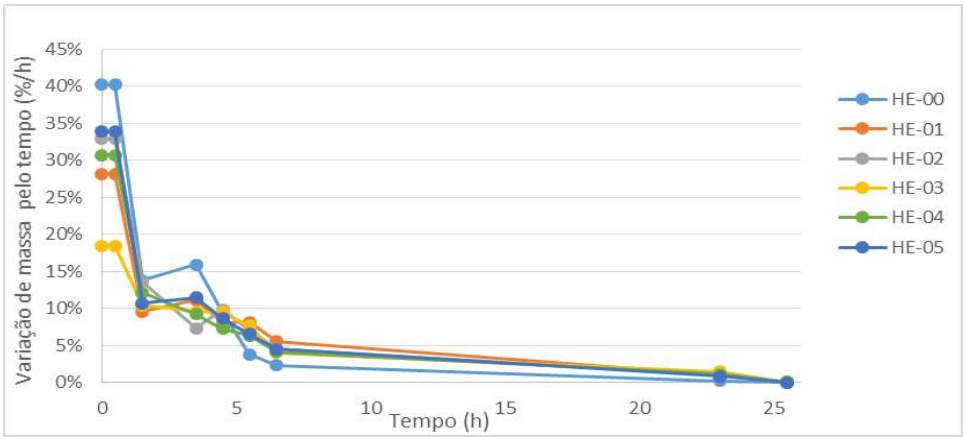


Figura 7. Taxa de secagem em estufa do abacaxi pérola ao longo do tempo

Como pode ser notado nas Figuras 7 e 8, há grande diferença na taxa de secagem para quase todas as amostras, tanto para o abacaxi Pérola quanto para o abacaxi Havaí. Este fenômeno pode estar relacionado às diferentes posições que cada amostra ocupava dentro da estufa, onde podem haver gradientes de temperatura e fluxo de ar.

Na Figura 8 são mostrados os abacaxis das duas variedades após a liofilização nos dois tipos de conformação, sendo o em pedaços e o triturado.

Figura 8. Abacaxis Liofilizados. (a) Abacaxi Pérola triturado; (b) Abacaxi Havaí triturado; (c) Abacaxi Pérola cortado; (d) Abacaxi Havaí cortado.

Para as secagens em liofilizador, foram adicionados 49,64±6,21 g e 75,99±3,40 g de amostra cortada para as variedades Pérola e Havaí, respectivamente. As amostras trituradas destinadas a secagem em liofilizador foram de 44,11 g para o abacaxi Pérola e 44,63 g para o abacaxi Havaí.

Após 102 horas, de secagem, foram obtidas as massas finais de abacaxi liofilizado. Para o abacaxi Pérola, a massa final foi de 7,23±1,07 g, resultando em uma perda de massa de 86,1±0,7%. O abacaxi Pérola triturado teve como massa final 5,76 g e perda de massa de 86,93%, semelhante ao abacaxi em pedaços. Para o abacaxi Havaí em pedaços a massa final foi de 12,53±0,97 g resultando numa perda de massa de 83,0±1,5%. E o triturada apresentou massa final de 7,07 g e perda de massa de 84,15%.

Segundo Marques (2008), o processo de secagem por liofilização do abacaxi leva cerca de 10 horas perdendo 85% de água. Hubinger et al., (1992) estudaram a isoterma de adsorção a 25°C para abacaxi liofilizado e seco a vácuo, verificaram que o liofilizado adsorveu mais água, pois apresenta elevada porosidade quando comparado ao seco a vácuo, porém sua Aw foi menor que em secos sob vácuo.

4. CONCLUSÃO

Nos abacaxis secos por convecção foi observado que as amostras trituradas obtiveram uma cinética de secagem maior do que as amostras em pedaços, demonstrando a interferência da resistência à transferência de massa, mas após certo período o percentual de água removida ao final do processo foi semelhante, indicando que no período inicial a água se encontra mais fracamente ligada. Pode se dizer que quanto maior a área de contato mais rápida será a cinética de secagem.

A taxa de secagem apresentou um comportamento bem diferente entre as amostras por causa dos gradientes de temperatura e de fluxo de ar em relação com as diferentes posições ocupadas por cada amostra, evidenciando que a estufa deve ter condições bem controladas para ter uma linearidade neste sentido.

Para os abacaxis liofilizados as perdas de massa também foram bem similares tanto para as amostras trituradas quanto as em pedaços, não havendo diferença significativa entre as variedades.

Cada tipo de secagem tem seus prós e contras, o comportamento observado para as duas variedades nos dois tipos de secagem foram bem semelhantes, o que os diferiu foi o aspecto final do produto, sendo as amostras secas em estufa que ficaram mais gomosas e caramelizadas, já as amostras liofilizadas ficaram esponjosas e bem secas.

Portanto, é fundamental avaliar quais características se buscam num produto final para assim definir o melhor método de secagem a ser utilizado.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI pelo apoio financeiro ao presente trabalho.

6. REFERÊNCIAS

Campbell-Platt, G. 2015. "*Ciência e Tecnologia de Alimentos"*. Barueri, SP: Manole.

Celestino, S. M. C. 2010. "*Princípios de secagem de Alimentos"*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados.

Gava, A. J. 1998. "*Princípios de tecnologia de alimentos*". 1 ed. São Paulo: Nobel.

Hubinger, M.; Menegalli, F. C.; Aguerre, R. J. and Suarez, C. 1992. "*Water vapor adsorption isotherms of guava, mango and pineapple"*. Journal of Food Science. Vol 57(6), pp. 1405-1407.

Machado, A. M.; Souza, M.C.; Junqueira, M.S.; Saraiva, S.H. e Teixeira, L.J.Q. 2012. "*Cinética de secagem do abacaxi cv. Pérola"*. Enciclopédia Biosfera. Vol.8 (15), p.428. Goiânia: Centro Científico Conhecer.

Marques, L. G**.** 2008. "*Liofilização de frutas tropicais"*. São Paulo: UFSCar.

Nespolo, C. R.; Oliveira, F. A.; Pinto, F. S. T. e Oliveira, F. C. 2015. "*Práticas em Tecnologia de Alimentos"*. Porto Alegre: Artmed.

Ramallo, L.A. e Mascheroni, R.H. 2012. "*Quality evolution of pineapple fruit during drying process"*. Food and Bioproducts Processing, p.275-283.

Ramos, A.M.; Quintero, A.C.F.; Faraoni, A.S.; Soares, N.F.F. e Pereira, J.A.M. 2008. "*Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado"*. Alimentos e Nutrição. Vol 19 (3), p. 259-269, jul./set.

Ranken, M.D. 1993. "*Manual de industrias de los alimentos"*. Zaragoza, Acribia.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

SECAGEM DE MAMÃO PAPAYA E FORMOSA EM ESTUFA E EM LIOFILIZADOR

Juliana Steffens
Sandra Cristina Ballen
Rafaela T. B. Dellagostin
Cristian Bocalon
Ilizandra Aparecida Fernandes
Clarice Steffens

[1]Engenharia de alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim, RS. e-mail: julisteffens@uricer.edu.br; sandra-ballen@live.com, rafaela.tdb@hotmail.com; cristian_bocalon@hotmail.com; ilizandrafernandes@yahoo.com.br; clarices@uricer.edu.br

Resumo. *Dentre as plantas frutíferas existentes no Brasil, o mamoeiro (*Carica papaya L.), *ficou conhecido mundialmente por ter se disseminado por todo o mundo tropical de temperaturas até 30-32 °C. As perdas de produtos agrícolas na colheita e pós-colheita são muito grandes no Brasil, estimadas em até 40 % em algumas áreas do país. Sendo uma das principais razões para a baixa produção e comercialização dos produtos de frutas tropicais é a carência de processos técnicos e equipamentos adequados para a conservação e transformação destes em produtos de boa qualidade e de maior atratividade para o consumidor. Um dos métodos mais utilizados é a secagem ou desidratação de frutas tropicais, podendo ser uma excelente alternativa para o prolongamento da vida útil e maior facilidade na comercialização dessas frutas. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo aplicação de secagem em estufa e liofilização das variedades de mamão Papaya e mamão Formosa. Os resultados demonstram a importância da aplicação de métodos de conservação de alimentos que são capazes de prolongar a vida útil de alimentos tão perecíveis, como é o caso do mamão. Reduzindo, assim, perdas na pós-colheita e gerando produtos de maios valor agregado.*

Palavras-chave: *mamão, secagem em estufa, liofilização, redução de perdas.*

1. INTRODUÇÃO

Dentre as plantas frutíferas existentes no Brasil, o mamoeiro (Carica papaya L.), ficou conhecido mundialmente por ter se disseminado por todo o mundo tropical de temperaturas até 30-32 °C (Medina, 1980). Em 2010 o mamão foi a sétima fruta mais produzida no país, ficando atrás apenas de frutas populares como a laranja, a banana, o tomate, o coco e o abacaxi. No mesmo ano o Brasil, foi o segundo maior produtor mundial de mamão, com 16,2 % da produção (Faostat, 2010). Mas as perdas de produtos agrícolas na colheita e pós-colheita são muito grandes no Brasil, estimadas em até 40 % em algumas áreas do país (Lacerda et al., 2004; Fernandes et al., 2006; Kurozawa et al., 2014).

Uma das principais razões para a baixa produção e comercialização dos produtos de frutas tropicais, como é o caso do mamão, é resultado da carência de processos técnicos e equipamentos adequados para a conservação e transformação destes em produtos de boa qualidade e de maior atratividade para o consumidor (El-Aouar, et al., 2005). Um dos métodos mais utilizados é a secagem ou desidratação de frutas tropicais, podendo ser uma excelente alternativa para o prolongamento da vida útil e maior facilidade na comercialização dessas frutas.

A secagem permite a conversão de materiais perecíveis em produtos estabilizados através da redução da atividade de água a níveis adequados, evitando contaminação microbiológica e deterioração da qualidade devido a indesejáveis reações bioquímicas. Facilidade para o transporte, armazenamento e manuseio de frutas secas também são fatores importantes no mundo globalizado. Além disso, a secagem reduz desperdícios de perdas pós-colheita e poderá permitir que a produção seja toda absorvida pela indústria alimentícia e por setores de distribuição. Finalmente, o desenvolvimento dos frutos secos, que mantêm as propriedades sensoriais relevantes quase inalteradas e apresentam a conveniência de produtos prontos para consumo, pode contribuir para a comercialização de maior valor agregado aos produtos (Marques et al., 2009).

Diversos processos de secagem têm sido estudados e empregados para obtenção de mamão desidratado, tais como, secagem solar, secagem convectiva, secador de leito fixo, desidratação osmótica, tambor rotativo, liofilização microondas a vácuo (Marques, 2008; Udomkun et al., 2015).

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo aplicação de secagem em estufa e liofilização das variedades de mamão Papaya e mamão Formosa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados nos experimentos as variedades de mamão Formosa e Papaya, tanto para a secagem em estufa como para liofilização. As amostras, tanto in natura quanto desidratadas, foram caracterizadas em relação ao percentual de umidade com uma balança de infravermelho (Marte), pH (pHmetro Digimed), atividade de água (Aw) utilizando um medidor de precisão (NOVASINA). O brix foi realizado somente para as amostras in natura.

2.1 Secagem em estufa

As amostras foram descascadas, as sementes removidas e uma parte foram triturada e outra cortada em cubos. Posteriormente foram pesadas com o auxílio de uma balança analítica (OHAUS), acondicionadas em papel alumínio e levadas a estufa (Menon).

As amostras permaneceram por 26 horas a 70ºC, onde os pesos foram acompanhados periodicamente. Após a secagem os mamões foram embalados a vácuo até o momento de sua caracterização.

2.2 Liofilização

Pesou-se um conjunto de pedaços de mamão triturados e em cubos numa placa de petry,levando em consideração o peso da placa+amostra. As amostras foram envolvidas com papel alumínio e levadas ao ultrafreezer a -80°C por 24 horas. Após formam submetidas ao processo de liofilização (liofilizador Edwards), durante 103,5 horas.

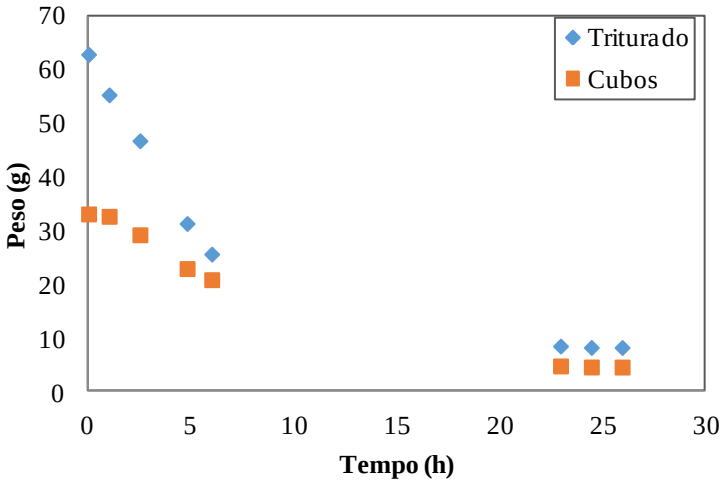
Após a retirada das amostras e pesagem, as mesmas foram embaladas a vácuo para posterior caracterização. Não foi possível a pesagem durante o processo para o acompanhamento da perda de umidade apenas levado em consideração o peso inicial e final das amostras.

Para o cálculo da umidade final foi utilizado a Equação 1.

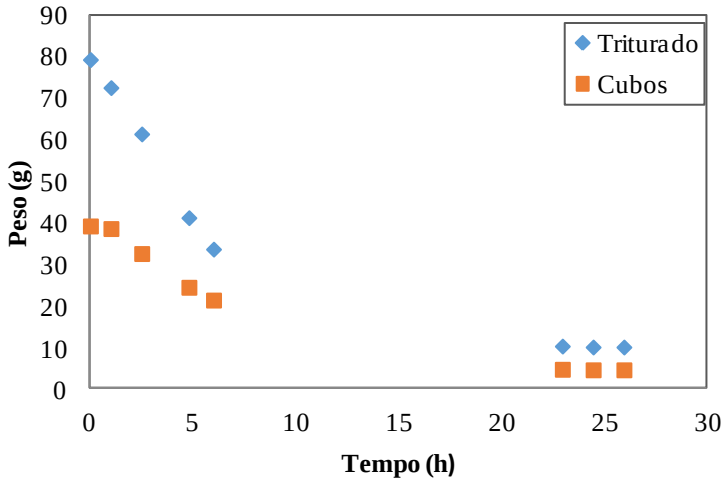
$$\text{Umidade Final} = (\text{Peso Inicial} / \text{Peso Final})*100 \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta a secagem em estufa a 70 ºC durante 26 horas das variedades de mamão formosa e papaya triturados e em cubos.



(a)



(b)

Figura 1. Secagem em estufa das variedades de mamão: formosa (a) e papaya (b).

Através da Figura 1 pode-se observar que as amostras perderam peso pela evaporação da água durante as 26 horas de secagem em estufa, sendo que as amostras que foram trituradas tiveram maior perda de peso no início da secagem. Isto deve-se ao fato de que a área superficial para troca de calor era maior e água estava mais disponível para evaporação, favorecendo assim a perda de umidade.

A Tabela 1 apresenta a umidade calculada e a Tabela 2 a caracterização antes e após o procedimento de secagem em estufa.

Tabela 1. Umidade calculada das variedades de mamão após secagem em estufa.

	Umidade Final Calculada (%)	
Variedade	**Triturado**	**Em cubos**
Papaya	12, 7	12,9
Formosa	13,02	13,73

Tabela 2. Caracterização das variedades de mamão antes e após secagem em estufa.

	Inicial				**Final**		
Variedade	**Brix**	**Aw**	**pH**	**Umidade (%)**	**Aw**	**pH**	**Umidade (%)**
Papaya	12	0,972	5,56	84,3	0,43	4,49	9,9
Formosa	13	0,974	5,46	85,7	0,427	4,74	10,6

Pode-se observar pelas Tabelas 1 e 2 que as duas variedades de mamão estudadas tiveram comportamento semelhantes. Chegando a umidade final calculada aproximada de 13% das duas amostras e de 9,9% para a variedade papaya e 10,6% para a variedade formosa quando submetidas a balança de infravermelho.

A Tabela 3 apresenta a umidade calculada das variedades de mamão utilizadas no experimento, considerando peso inicial e o peso final das amostras. A Tabela 4 apresenta a caracterização de mamão Papaya e Formosa antes e após a liofilização.

Tabela 3: Umidade calculada das variedades de mamão após liofilização.

	Umidade Final Calculada (%)	
Variedade	**Triturado**	**Em cubos**
Papaya	24,08	18,32
Formosa	28,07	12,66

Tabela 4: Caracterização das variedades de mamão antes e após liofilização.

	Inicial			Final		
Variedade	**Brix**	**Aw**	**pH**	**Aw**	**pH**	**Umidade (%)**
Papaya	10,2	0,972	5,76	0,248	5,86	10,6
Formosa	11,3	0,973	5,29	0,349	5,46	10

Pode-se observar nas Tabelas 3 e 4 que houve uma diferença entre a umidade determinada utilizando a balança de infravermelho em relação a calculada. Acredita-se que esta diferença ocorreu pelo fato de que na hora da embalagem a vácuo tenha-se utilizado muito vácuo e arrastado umidade junto com o ar. Foi observado uma grande compactação das amostras da hora de embalagem, o que acarretou também no endurecimento após a embalagem.

A Figura 2 apresenta o aspecto visual das amostras in natura, secas em estufa e liofilizadas.

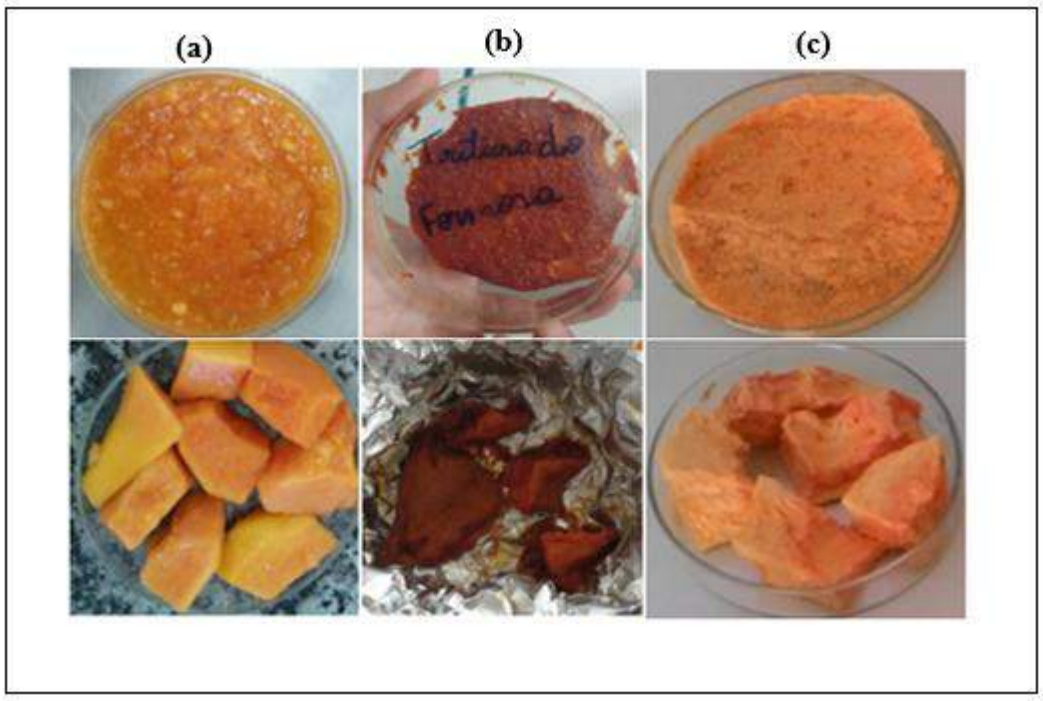


Figura 2**.** Aspecto visual da amostra in natura (a), seca em estufa (b) e liofilizadas (c).

A secagem tem grande influência sobre os aspectos visuais das frutas como pode ser observado na Figura 2. O calor aplicado durante a secagem em estufa causa maior escurecimento devido a reações de caramelização do açúcar, causando também uma modificação na sua textura. Enquanto que a liofilização é capaz de conservar melhor as características das frutas, pois é uma operação unitária que não envolve a transferência de calor, porém torna-se um método mais caro. Quanto ao desenvolvimento microbiano, cabe ressaltar que não existe desenvolvimento microbiano em atividade de água inferior a 0,60 (Troller, 1980), portanto os resultados obtidos são satisfatórios.

4. CONCLUSÃO

Os resultados do presente trabalho demonstram a importância da aplicação de métodos de conservação de alimentos que são capazes de prolongar a vida útil de alimentos tão perecíveis, como é o caso do mamão. Reduzindo, assim, perdas na pós-colheita e gerando produtos de maios valor agregado.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI pela infraestrutura.

6. REFERÊNCIAS

El-Aouar, A. A.; Azoubel, P. M.; Barbosa-Jr, J. L. and Murr, F. E. X. 2005. "Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (Carica papaya L.)". *Journal of food Engineering*, Vol 75, p. 267-274.

Faostat- Fao, "*Statistical Databases"*. 2010. Disponível em http://faostat.fao.org/faostat. Acessado em 04 de abril de 2017.

Fernandes, F. A. N.; Rodrigues, S.; Gaspareto, O. C. P. and Oliveira, E. L. 2006. "*Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying*". Food Research International, Vol. 39, p. 492-498.

Lacerda, M. A. D.; Lacerda, R. D. e Assis, P. C. 2004. "A participação da fruticultura no agro negócio brasileiro". *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Vol 4 (1), p.1-9. Universidade Estadual da Paraíba. EDUEP, Editora Universitária.

Lima, J. R.; Garruti, D. dos S.; Viana, E. de S.; Araujo, I. M. da S. e Reis, R. C. 2015. "*Liofilização de mamão Formosa e avaliação dos atributos de qualidade durante o armazenamento*". Boletim de Pesquisa e desenvolvimento. Fortaleza: Embrapa Agroindustria Tropical.

Marques, L. G. "*Liofilização de Frutas Tropicais".* 2008. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Marques, L. G.; Prado, M. M. and Freire, J. T. 2009. "Rehydration characteristics of freeze dried tropical fruits". LWT - *Food Science and Technology*, Vol. 42, p. 1232-1237.

Medina, J. C.; Garcia, J. L. M.; Salomón, E. A. G.; Vieira, L. F.; Renesto, O. V. e Figueiredo, N. M. S. e Canto, W. L. 1980. "Mamão – da cultura ao processamento e comercialização". *ITAL, Série frutas tropicais n°7*, Imprensa Oficial do Estado S/A – São Paulo – Brasil.

Kurozawa, L. E.; Terng, I; Hubinger, M. D. and Park, K. J. 2014. "*Ascorbic acid degradation of papaya during drying: Effect of process conditions and glass transition phenomenon*". Journal of Food Engineering, Vol.123, p. 157-164.

Troller, J. A. 1980. "*Influence of water activity on microorganisms in foods*". Food Technology, Vol. 34, p.76-80.

Udomkun, P.; Argyropoulos, D.; Nagle, M.; Mahayothee, B.; Janjai, S. and Müller, J. 2015. "Single layer drying kinetics of papaya amidst vertical and horizontal Airflow" . *LWT - Food Science and Technology*, Vol 64, p. 67-73.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

SÍNTESE, PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES E TOXICICIDADE DE ASCORBIL OLEATO

Karine Angélica Dalla Costa
Tatiane Bertella
Rogério Luis Cansian
Rogério Dallago
Jamile Zeni
Natalia Paroul
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Av. Sete de Setembro, 1621 - Fátima, Erechim - RS, 99709-910
karinedallacosta@hotmail.com
tatiane_bertella@hotmail.com
cansian@uricer.edu.br
dallago@uricer.edu.br
jamilezeni@uricer.edu.br
nparoul@uricer.edu.br

Resumo. *Antioxidantes quando adicionados aos alimentos controlam o processo de oxidação, bem como promovem aumento da vida útil. O ácido ascórbico é um antioxidante natural, contudo por ser muito hidrofílico, o seu emprego em alimentos é limitado. O objetivo do presente trabalho foi realizar a esterificação enzimática do ácido L-ascórbico e ácido oleico a fim de obter um antioxidante lipossolúvel. A reação de esterificação foi conduzida em duas condições diferentes, variando razão molar (1:4 e 1:9 - ácido oleico:ácido L-ascórbico) e temperatura (40 e 70ºC). Posteriormente avaliou-se o potencial antioxidante dos substratos e dos produtos obtidos e a toxicidade do mesmos. A melhor condição de produção de ascorbil oleato caracterizado pelo menor IC_{50} (262µg/mL) foi razão molar de ácido L-ascórbico e ácido oleico 1:9 e temperatura 70°C. A comparação de atividades antioxidantes dos substratos ácido ascórbico (IC_{50} 32,04 µg/ml) e ácido oleico (não apresentou) com o produto obtido (IC_{50} 262 µg/ml) demonstrou o potencial de uso do ascorbil oleato como antioxidante lipofílico. Os ensaios toxicológicos demonstraram que o ascorbil oleato não é tóxico podendo ser usado em produtos cosméticos ou em alimentos.*

Palavras-chave: *Esterificação Enzimática, Ascorbil Oleato, Antioxidante, Toxicidade.*

1. INTRODUÇÃO

O uso de antioxidantes na indústria de alimentos tem sido amplamente estudado, pois quando adicionados aos alimentos controlam o processo de oxidação, bem como promovem um aumento da vida útil dos alimentos. Com isso, diversos métodos têm sido desenvolvidos visando à produção de antioxidantes, entre estes, a síntese enzimática de antioxidantes naturais e seus derivados (Shahidi *et al.*, 1992; Torres de Pinedo *et al.*, 2007).

A biocatálise é atualmente uma das áreas mais promissoras dentro das novas tecnologias para a síntese de compostos de alto valor agregado. As enzimas, além de serem atrativas e versáteis, catalisam uma série de transformações de modo seletivo, rápido e em condições brandas de reações, contribuindo para minimizar as reações indesejáveis, resultando em um processo controlado, reduzindo a formação de subproduto o que as difere dos catalisadores não enzimáticos (Castro *et al*., 2004).

O ácido ascórbico é um composto orgânico, altamente hidrofílico, muito utilizado em uma gama de produtos alimentares, bebidas, formulações farmacêuticos e cosméticos devido a algumas de suas propriedades. Em indústrias de processamento de alimentos é largamente utilizado como antioxidante para evitar mudanças de cor, sabor e odor de produtos (Pardakhty *et al.*, 2016).

Por ser hidrofílico, o emprego do ácido ascórbico em alguns produtos alimentícios é limitado. Uma das formas de alterar sua solubilidade é através da esterificação com ácidos graxos, como o ácido oleico. A esterificação pode ocorrer na presença ou na ausência de catalisador, entretanto devido aos ácidos carboxílicos serem ácidos fracos, a reação é extremamente lenta, sendo necessários dias para que se alcance uma situação de equilíbrio (Chazin, 2012). Portanto, a utilização de ácidos de Brønsted como catalisadores na reação de esterificação é essencial para a ativação do grupo carbonila do ácido envolvido, devido a função doadora de próton que o catalisador exerce (Pattanaik & Mandalia, 2011). A fim de minimizar os impactos causados pelos processos químicos, inúmeras alternativas baseadas na Química

Verde visam o desenvolvimento de técnicas, equipamentos e processos de produção capazes de reduzir ou eliminar a geração de substâncias agressivas ao meio ambiente e à saúde humana. Uma das rotas é a utilização da catálise enzimática (Brito, 2010; Balen *et al*., 2015). Dado o exposto, o objetivo do presente trabalho foi realizar a reação de esterificação do ácido L-ascórbico e ácido oleico a fim de obter um antioxidante natural que possibilite a aplicação em alimentos lipofílicos, a fim de aumentar a vida de prateleira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados neste trabalho como substratos: ácido L-ascórbico (Química Moderna) ácido oleico (97% de pureza - SIGMA-ALDRICH), *terc* - Butanol (P.A. Merck), peneiras moleculares 4Å (SIGMA-ALDRICH).

A lipase imobilizada comercial Novozym 435 utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi adquirida da Novozymes/Araucária-PR

2.1 Reação de esterificação

Para a realização da reação de esterificação, foram utilizados como substratos o ácido L-ascórbico e ácido oleico, adicionados em erlenmeyers, juntamente com a enzima, solvente e peneira molecular, formando o meio reacional. A enzima foi ativada previamente em estufa a 40°C por 1 hora, assim como as peneiras moleculares. O experimento foi conduzido em shaker (Servilab SE 1208) com agitação constante de 125rpm. Após o término da reação, a mistura reacional foi filtrada com papel filtro para separar a enzima e peneira molecular, e armazenada sob refrigeração até a análise.

As condições reacionais escolhidas foram baseadas nos dados da literatura (Chang *et al.,* 2009; Zhao *et al.,* 2011; Burham *et al.,* 2009): razão molar 1:4 e 1:9 (ácido ascórbico: ácido oleico); concentração da enzima 35%(m/m substratos); peneira molecular 2%; 50 mL de solvente; temperatura de 40 °C e 70°C e tempo de reação 24 horas.

2.2 Eliminação do ácido ascórbico residual

Após a separação do biocatalizador e evaporação do solvente (*terc*-butanol) o ácido ascórbico residual foi eliminado do meio reacional através da extração líquido-líquido com água (4 vezes de 20mL), para eliminar sua interferência na análise da atividade antioxidante.

2.3 Atividade antioxidante

Foram determinadas as atividades antioxidantes dos substratos (ácido ascórbico (solução aquosa de 10mg/mL) e ácido oleico) e produto ascorbil oleato.

A técnica consiste na medida da absorção do radical 2,2 difenil-1-picril hidrazil (DPPH) em 515nm utilizando espectofotômetro (UV-Visível marca Agilent Technologies, modelo 8453E), através da incubação por 10 minutos de 500µL de soluto contendo concentrações crescentes da amostra (0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 5; 7,5; 10 mg/mL) em etanol. Para o controle, utilizou-se 500µL de DPPH com 500µL de etanol. O percentual de captação do radical DPPH foi calculado em termos de porcentagem da atividade antioxidante (AA%) conforme a equação 1 (Miranda & Fraga, 2006):

$$AA\% = ((100-(Abs\ amostra - Abs\ branco)/(Abs\ controle)) \times 100 \quad (1)$$

Onde Abs é a absorbância dada em nanômetros.

Após a avaliação da faixa de concentração ideal, calcula-se a concentração necessária para capturar 50% do radical livre DPPH (IC_{50}) por análise de regressão linear.

2.4 Toxicidade in vitro

Para o teste da toxicidade in vitro, utilizaram-se náuplios de *Artemia salina*. O teste foi realizado de acordo com a metodologia adaptada de Vanahecke *et al.* (1981). Os ovos de *A. salina* (30 mg) foram eclodidos entre 22-29°C em salina artificial (23g/L de sal marinho e 0,7g/L de bicarbonato de sódio em água destilada). Após o período de incubação, os organismos-testes (náuplios de *A. salina*) foram expostos a diferentes concentrações do produto obtido (5, 10, 25, 50, 100, 500, 1000µg/mL) por 24 horas, utilizando-se tubos de ensaio, cada um contendo 10 náuplios de *A. salina* e 2mL de solução a ser testada. O branco continha somente uma solução salina com DMSO. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

A contagem de náuplios mortos e vivos foi realizada após 24 horas com o auxílio de um contador de colônias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atividade antioxidante

O efeito da temperatura e da razão molar na produção de ascorbil oleato foi avaliado em termos de atividade antioxidante. A avaliação da atividade antioxidante pelo método do DPPH é um dos métodos mais fáceis e rápidos de se utilizar (Wang *et al.,* 2012). Ele busca a redução do radical cromóforo estável DPPH na presença de compostos antioxidantes. O que ocorre é a doação de um hidrogênio do antioxidante RH para DPPH. Assim, a formação do respectivo radical reduzido DPPH-H. A atividade redutora das moléculas antioxidantes contra o DPPH é avaliada medindo a diminuição da absorbância a 515 nm da solução radical, após a reação com os produtos a serem testados. Os resultados são expressos como IC_{50}, a concentração da substância que proporciona uma redução de 50 % de DPPH radical inicial (Rocha e Silva *et al.,* 2007).

A Tabela 1 apresenta os resultados da atividade antioxidante (AA - %) e as equações da reta, as quais fornecem os dados para calcular o IC_{50}.

Tabela 1. Equação da reta, AA (%) e IC_{50} dos substratos, branco e ascorbil oleato obtido em diferentes condições.

Amostra	**Equação da reta**	**Atividade antioxidante (%)**	**IC_{50} (µg/mL)**
Ácido ascórbico	y = 0,7389x + 26,319 (R^2 = 0,96)	92,0	32,04
Ácido oleico	y = 0,9422x + 2,1995 (R^2 = 0,99)	11,5	-
Branco	y = 0,0967x + 9,9704 (R^2 = 0,90)	94,1	413,96
Branco sem ác. Ascorbico	y = 0,0017x - 0,0612 (R^2 = 0,96)	12,8	-
Ascorbil oleato (1:4, 70°C)	y = 0,1212x + 6,8355 (R^2 = 0,98)	97,2	356,12
Ascorbil oleato (1:9, 70°C)	y = 0,1854x + 1,3839 (R^2 = 0,99)	91,8	262,22
Ascorbil oleato (1:4, 40°C)	y = 0,0085x + 5,1319 (R^2 = 0,99)	87,7	5278,2
Ascorbil oleato (1:9, 40°C)	y = 0,0131x + 10,39 (R^2 = 0,94)	96,3	3023,6

Observa-se na Tabela 1 que o valor de IC_{50} do branco é aproximadamente 13 vezes maior que do ácido ascórbico, e aproximadamente duas vezes maior do IC_{50} do ascorbil oleato, demostrando a formação de produto com atividade antioxidante. A análise do branco sem ácido ascórbico demonstra que a extração líquido-líquido do ácido ascórbico com água foi eficiente, já que a atividade antioxidante diminuiu, apresentando o resultado similar ao ácido oleico puro.

Analisando as condições testadas apresentada na Tabela 1, observamos que a temperatura influencia positivamente na produção de ascorbil oleato, já que utilizando 40°C, o IC_{50} dessas reações apresentou-se muito superior às de 70°C, frisando que quanto maior o IC_{50}, maior é a quantidade da substância necessária para inibir o radical livre e, consequentemente, menor sua capacidade antioxidante. Quanto a razão molar, aquelas com excesso maior de ácido oleico (razão molar 1:9), apresentaram um IC_{50} menor, caracterizando uma maior atividade antioxidante.

Balen (2016) realizou avaliação da atividade antioxidante para ascorbil oleato em sistema com ultrassom. A condição utilizada para a análise foi de 70 °C, 3 h de reação, 5 % Novozym 435®, solvente *terc*-butanol, ácido ascórbico:ácido oleico (1:9), 20 % 4 Å. Posteriormente o produto foi purificado para avaliação da sua atividade antioxidante. O IC_{50} apresentado pelo método DPPH foi de 12940 e 10460 µg⁄mL(análise em duplicata). Observa-se que as condições usadas neste estudo resultaram em valores inferiores de IC_{50}, indicando atividade antioxidante superior.

3.2 Toxicidade in vitro

A avaliação da toxicidade foi realizada com o objetivo de determinar o potencial de novas substâncias e produtos em causar danos à saúde humana. A investigação do potencial tóxico de substâncias pode elucidar importantes aspectos farmacológicos permitindo uma utilização segura, respeitando seus possíveis riscos toxicológicos. Por isso, os testes de toxicidade aguda são elaborados com o objetivo de prever os efeitos tóxicos ou de averiguar a toxicidade relativa das substâncias (Forbes, 1994).

Efeitos tóxicos podem ser classificados de acordo com o período que se verificam os efeitos, em toxicidade aguda ou crônica. A toxicidade aguda provoca uma resposta rápida num curto período de tempo, poucas horas ou dias, provocando geralmente uma elevada mortalidade. Na toxicidade crônica, os efeitos se manifestam num longo período de tempo, como meses ou anos (Dias *et al.,* 2002).

Os testes de toxicidade são elaborados com o objetivo de avaliar ou prever os efeitos de substâncias tóxicas em sistemas biológico e analisar a toxicidade relativa de substâncias que são importantes na avaliação do ambiente (Barosa *et al.,* 2003).

Na área da toxicologia, a dose letal mediana (DL_{50}) é a dose necessária de uma dada substância ou tipo de radiação capaz de matar 50% de uma população em teste. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), são consideradas tóxicas substâncias que apresentam DL_{50} abaixo de 1000 ppm (1000 µg/mL) em Artemia salina (Meyer *et al.,* 1982).

A Tabela 2 demostra os resultados obtidos dos testes de toxicidade in vitro utilizando o crustáceo Artemia salina, com diferentes concentrações de ascorbil oleato.

Tabela 2. Resultados da toxicidade in vitro do produto ascorbil oleato.

Tubo de ensaio	**Concentração da substância testada (µg/mL)**	**Quantidade de *Artemia salina* (unidades)**	**Quantidade de *Artemia salina* mortas após 24 horas (unidades)**
1	5	10	0
2	10	10	0
3	25	10	0
4	50	10	0
5	100	10	0
6	500	10	0
7	1000	10	0

Ao analisarmos a Tabela 2, podemos inferir que o produto sintetizado, ascorbil oleato, não é tóxico, já que não houve morte do organismo teste em concentrações menores de 1000 µg/mL.

Ensaios de toxicidade aguda com *Artemia salina* são rápidos, de baixo custo, eficientes, requerendo apenas uma pequena quantidade de amostra (2-20 mg). Esse método não requer condições assépticas nem equipamentos especiais, favorecendo sua utilização na rotina do próprio laboratório (Siqueira *et al.,* 1998).

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se ressaltar que o ascorbil oleato formado neste estudo possui um nível substancial de atividade antioxidante, destacando a sua utilização em alimentos lipossolúveis. Além disso, observou-se que o produto formado não possui potencial tóxico indicando que este pode ser aplicado como aditivo em indústria de alimentos e⁄ou fármaco sem perigos a saúde do consumidor.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS, CNPq e URI pela concessão de bolsas e/ou apoio financeiro.

6. REFERENCIAS

Balem, M., 2016. *Síntese enzimática de ascorbil oleato utilizando tecnologias alternativas*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Balen, M.; Sileveira, C.; Kratz, J. M.; Simões, C. M.; Valério, A.; Ninow, J.; Nandi, L. G.; Diluccio, M.; De Oliveira, D., 2016. "Novozyms 435 catalyzed production of ascorbyl oleate in organic solvente ultrasound-assisted system". *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 4, p. 514–520.

Barosa, J.; Ferreira, A.; Fonseca, B.; Souza, I., 2003. "Teste de toxicidade de cobre para Artemia salina". *Poluição e ecotoxicologia marinha*, Brasil.

Burham, H.; Gafoor, R. A.; Rasheed, A.; Noor, N. M.; Badruddin, S.; Sidek, H., 2009. "Enzymatic synthesis of palm-based ascorbyl esters". *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v. 58, 153-157.

Castro, H.F.; Mendes, A.A.; Santos, J.C., 2004. "Modificação de óleos e gorduras por biotransformação". *Química Nova*, v. 27, p. 146-156.

Chang, S. W.; Yang, C. J.; Chen, F. Y.; Akoh, C. C.; Shieh, C. J., 2009. "Optimized synthesis of lipase-catalyzed l-ascorbyl laurate by Novozym® 435". *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v. 56, n. 1, p. 7-12.

Chazin, E. de L., 2012. "Métodos de Preparação Industrial de Solventes e Reagentes Químicos". *Revista Virtual de Química*, v. 4, n. 6.

Degani, A.L., Cass, Q.B., Vieira, P.C., 1998. "Cromatografia um breve ensaio". *Química Nova na Escola*, n.7.

Dias, A., Aires, C.; Silva, M., Catarino, R., 2002. "Testes de Toxicidade em Artemia salina: contaminantes (K2CrO7) e efluentes químicos (tratados e não tratados)". *Universidade do Algarve*, Brasil.

Forbes, V. E.; Forbes, T. L., 1994. "Ecotoxicology in Thory and Practice". *Chapman and Hall*, Londres, p. 247.

Meyer, B.N.; Ferrigni, N.R.; Putnam, J.E.; Jacobsen, L.B.; Nichols, D.E.; Mclaughlin, J.L., 1982. "Brine shrimp: aconvenient general bioassay for active plant constituents". *Journal of Medicinal Plant Research*. v. 45, p. 31-34.

Miranda, A. L. P.; Fraga, C. A. M., 2006. "Atividade Seqüestradora de Radical Livre Determinação do Potencial Antioxidante de Substâncias Bioativas". In: MONGE A.; GANELLIN, C. R. (Ed.). *Pratical Studies for Medicinal Chemistry*. Genebra: IUPAC.

Pardakhty, A; Ahmadzadeh, S.; Avazpour, S.; Gupta, V. K., 2016. "Highly sensitive and efficient voltammetric determination of ascorbic acid in food and pharmaceutical samples from aqueous solutions based on nanostructure carbon paste electrode as a sensor". *Journal of Molecular Liquids*, v. 216, p. 387–391.

Pattanaik, B. N.; Mandalia, H. C., 2011. "Acetato de etilo: propriedades, processos e aplicações de produção - uma revisão". *International Journal of Research Atual e Revisão*, v. 3, n.12, p. 23-40.

Rocha E Silva, C. M. M.; Vieira-Jr, G. M.; Ayres, M. C.; Araújo, C. L. S. C. D. S.; Cavalcante, L. C. D.; Barros, E. D. S.; Araújo, P. B. M.; Brandão, M. S.; Chaves, M. H., 2007. "Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais". *Química Nova*, v. 30, n. 2, p. 351-355.

Shahidi, F.; Janitha, P.K.; Wanasundara, P.D., 1992. "Phenolic antioxidants". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 32, p. 67-75.

Siqueira, J. M.; Bomm, M. D.; Pereira, N. F. G.; Garcez, W. S.; Boaventura, M. A. D., 1998. 'Estudo Fitoquímico de Unonopsis lindmanii –Annonaceae, biomonitorado pelo ensaio de toxicidade sobre a Atemia salina Leach". *Química Nova*, v. 21, n. 5.

Torres De Pinedo, A. Peñalver, P.; Pérez-Victoria, I.; Rondon, D.; Morales, J.C., 2007. "Synthesis of new phenolic fatty acid esters and their evaluation as lipophilic antioxidants in an oil matrix". *Food Chemistry*, v. 105, p. 657-665.

Vanhaecke, P.; Persoone, G.; Claus, C.; Sorgeloos, P., 1981. "Proposal for a short-term toxicity test with Artemia nauplii". *Ecotoxicol Environ*, v. 5, p. 382-387.

Wang, F.; Zhang, H.; Wang, J.; Chen, G.; Fang, X.; Wang, Z.; Wang, L., 2012. "Ultrasound irradiation promoted enzymatic transesterification of (R/S) -1-chloro-3-(1-naphthyloxy)-2-propanol". *Molecules*, v. 17, p. 1–1.

Zhao, H.; Zhang, Y.; Lu, F.; Bie, X.; Lu, Z.; Ning, H., 2011. "Optimized enzymatic synthesis of ascorbyl esters from lard using Novozym 435 in co-solvent mixtures". *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v. 69, p. 107–111.

7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

SELEÇÃO DE PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM NA PRODUÇÃO DE VITAMINA C LIPOSSOLÚVEL

Karine Dalla Costa
Tatiane Bertella
Gabriela Bastos
Bruna Maria Saorin Puton
Rogério Luis Cansian
Rogério Dallago
Jamile Zeni
Natalia Paroul
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões – URI, Av 7 de setembro, Erechim-RS
karinedallacosta@hotmail.com
tatiane_bertella@hotmail.com
gabrieladebastos@outlook.com
brunnamariasm3@gmail.com
cansian@uricer.edu.br
dallago@uricer.edu.br
jamilezeni@uricer.edu.br
nparoul@uricer.edu.br
Débora de Oliveira
José Vladimir de Oliveira
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC - Rua Delfino Conti, s/n, Florianópolis – SC
debora.oliveira@ufsc.br
jose.vladimir@ufsc.br

Resumo. *Ácido ascórbico é um potente antioxidante natural, essencial para a manutenção de certos mecanismos fisiológicos. Porém sua alta polaridade impede o emprego do mesmo como antioxidante em alguns alimentos e cosméticos. Uma das formas de torná-lo mais lipossolúvel é provocar sua esterificação com ácidos graxos. Entretanto, o ácido L-ascórbico e ácido oleico não são totalmente miscíveis por possuírem polaridades diferentes, desta maneira é necessário utilizar um solvente orgânico solúvel em ambos os substratos. O objetivo do estudo foi definir o sistema reacional em termos de enzima e solvente orgânico, e determinar a estabilidade operacional do biocatalisador. Os ensaios de solubilidade em diferentes solventes orgânicos demonstraram que o terc-butanol é um solvente inerte que não inibe ou degrada o biocatalizador. A lipase Novozyme 435 foi escolhida como biocatalizador por apresentar maior atividade enzimática quando comparada com a lipase NS 88011 (2166 Ug^{-1} e 1737 Ug^{-1} respectivamente). O estudo da estabilidade operacional da lipase Novozyme 435 apresentou atividade residual até o quinto ciclo de reuso, o que contribui com a diminuição de custo de produção industrial de ascorbil oleato via esterificação enzimática.*

Palavras-chave: *ácido ascórbico, ácido oléico, terc-butanol, Novozyme 435, NS 88011.*

1. INTRODUÇÃO

Os antioxidantes são um conjunto diversificado de substâncias, dentre elas vitaminas, compostos biológicos, enzimas e outros, tendo como função impedir a oxidação de substâncias químicas e a formação ou propagação de radicais livres, que causariam danos em algum sistema prioritário do organismo, em cosméticos, produtos farmacêuticos no geral, ou ao produto alimentar que, com sua alteração, além de danificar o mesmo, pode desencadear alguma patologia se ingerido.

A vitamina C é o nome genérico usado para todos os compostos que exibem qualitativamente a atividade biológica do ácido ascórbico, incluindo seus ésteres (por exemplo ascorbil oleato), formas sintéticas (como 6-desoxi-L-ácido ascórbico) e a forma primária de oxidação do ácido ascórbico, L-desidroascórbico (Chang et al., 2016).

O ácido L-ascórbico é a forma mais ativa de vitamina C, pertencendo ao grupo dos antioxidantes à base de vitaminas, sendo um dos principais antioxidantes naturais solúveis em água muito utilizado em uma gama de produtos

alimentares, bebidas, formulações farmacêuticas e cosméticos, devido a algumas de suas propriedades, como regulador do pH e antioxidante. Tem participação importante no metabolismo biológico como agente redutor em várias vias metabólicas, síntese e manutenção do colágeno, vasos sanguíneos, cartilagens, ossos e tendões, reagindo com espécies reativas de oxigênio ou radicais livres. Ademais é empregado nas indústrias de processamento de alimentos como antioxidante para evitar mudanças de cor, sabor e odor de produtos (Priya and Chadha, 2002; Pardakhty et al., 2016).

Por ser muito hidrofílico, o emprego do ácido ascórbico em alguns produtos é prejudicado. Umas das formas de alterar sua solubilidade é através da esterificação com ácidos graxos, como o ácido oleico. O produto obtido desta reação, é considerado natural pois seus reagentes de partida são de origem natural, porém se realizada espontaneamente, é uma reação lenta, e para contornar esse problema, utilizam-se enzimas, como biocatalisadores. Esse tipo de catalisador apresenta alta especificidade, contribuindo para minimizar as reações indesejáveis, resultando em um processo controlado, reduzindo a formação de subproduto (Balen et al., 2015). Dentro desse contesto o objetivo do trabalho foi definir o sistema reacional em termos de enzima e solvente orgânico, e determinar a capacidade de reuso do biocatalisador.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Seleção de solventes orgânicos para síntese de ascorbil oleato

Para verificar a solubilidade do ácido L-ascórbico no ácido oleico, foram selecionados solventes orgânicos levando em conta a solubilidade dos substratos em cada um deles. Os solventes pré-selecionados para o teste foram ecolhidos a base da literature (Balem, 2016).

Foi preparada 1g de meio reacional (razão molar 1:4, ácido ascórbico:ácido oleico) em béquer sob agitação magnética e temperatura constante de 70°C, acrescidos de diferentes volumes do solvente. Através da análise visual, a solubilidade foi avaliada pela dissolução dos substratos em cada solvente, por um tempo médio de 20 minutos. Os solventes utilizados foram: dimetilsufóxido (DMSO), etanol, *terc*-butanol, acetonitrila, acetona e hexano.

Os resultados foram classificados em:

- Totalmente solúvel: solução límpida;
- Parcialmente solúvel: solução turva
- Insolúvel: solução turva e corpo de fundo.

Atividade de esterificação da lipase

Foram determinadas a atividade de esterificação de duas lipases: Novozyme 435 e NS 88011. A atividade de cada enzima foi quantificada através da realização de síntese de etanol e ácido oleico, com razão molar de 3:1(v/v). A metodologia apresentada é uma modificação da descrita por Ferraz et al. (2012). Os frascos com os substratos foram colocados em um agitador orbital (New Brunswich, modelo Excella E25R) a 160 rpm, 40°C por 10 minutos. Após, realizou-se um ensaio em branco (sem enzima) para determinar a acidez do meio reacional, em seguida, retirou-se 5 mL da reação e adicionou-se aproximadamente 0,1 gramas de enzima ao meio reacional. A reação é conduzida em frascos de vidro fechados e mantidos em agitador orbital a 160 rpm, 40°C por 40 minutos. Em seguida, alíquotas de 500 µL foram coletadas do meio reacional em triplicata. A cada amostra são adicionados 15 mL de uma solução acetona: etanol (1:1, v/v), para interromper a reação. A quantidade de ácido consumida é determinada por titulação com hidróxido de sódio (NaOH) 0,05 M até pH 11. Uma unidade de atividade enzimática é definida como a quantidade de enzima que consome 1 µL de ácido graxo por minuto nas condições de ensaio. A atividade enzimática é calculada através da Equação 1.

$$AE = ((Vb-Va)\ M\ 1000\ Vf)\ /\ (t\ Mel\ Ve) \quad (1)$$

Onde:
AE: atividade de esterificação ($U.g^{-1}$);
Va: volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada após 40min (mL);
Vb : volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada no tempo zero (mL);
M: molaridade da solução de NaOH;
Vf : volume final de meio reacional (mL);
t: tempo (min);
Mel: massa da preparação enzimática liofilizada utilizada na reação (g);
Vc: volume da alíquota do meio reacional retirada para titulação (mL).

2.3 Estudo do efeito do solvente sobre a atividade enzimática

Foram conduzidas reações de esterificação com razão molar de 1:4 (ácido L-ascórbico : ácido oleico), com 2% de enzima, temperatura de 50°C, 125 rpm e 10 mL dos solventes testados (etanol, DMSO e t*erc*-butanol). Reações foram retiradas nos tempos 2, 8, 24 e 48 horas, seguidos pela análise da atividade da lipase, conforme metodologia de Ferraz et al. (2012) descrita anteriormente.

2.4 Estabilidade operacional da enzima

Para a determinação da estabilidade operacional da lipase na reação de produção de ascorbil oleato, foram conduzidos experimentos em shaker (Servilab SE 1208), com agitação constante de 125 rpm, temperatura de 70 °C, 50 mL de solvente, razão molar de 1:4 (ácido ascórbico: ácido oleico), 2% de peneiras moleculares e 35% (m/m) de enzima. Cada batelada foi conduzida por 24 horas. Tanto a enzima, quanto a peneira molecular foram ativadas na estufa 40°C por 1 hora. Após o término da reação, a enzima foi recuperada (lavada 2 vezes com 20mL de hexano, filtrada a vácuo e colocada na estufa por 3 horas, para evaporar o solvente) e mantida em dessecador por 24 horas, para ser reutilizada em uma nova batelada. A medida de atividade da enzima foi analisada seguindo a metodologia de Ferraz e seus colaboradores (2012), com adaptações, no início e no final das reações com a enzima recuperada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Seleção de solventes orgânicos para síntese de ascorbil oleato

Um dos inconvenientes mais graves sobre o uso de enzimas na síntese orgânica, é a baixa solubilidade da maioria dos compostos orgânicos em processos realizados com água. O uso de solventes orgânicos apresenta algumas vantagens, como: fácil recuperação do substrato e produto com alto rendimento, possibilidade de utilizar substrato não polares, evita reações secundários, em muitos casos a lipase é termodinamicamente mais ativo, deslocamento do equilíbrio termodinâmico para favorecer a síntese sob a hidrólise (Gotor-Fernándes et al., 2006).

Assim sendo, a escolha do solvente é essencial para o rendimento da reação, além de auxiliar na estabilidade do produto e pelos outros fatores citados acima. A Tabela 1 apresenta os resultados da solubilidade dos substratos frente a diferentes solventes.

Tabela 1. Solubilidade do meio reacional em diferentes solventes

Solvente	Log P	5 mL	10 mL	20 mL
DMSO	-1,30	1	1	1
Etanol	-0,30	2	1	1
tec-butanol	0,58	3	2	1
Acetonitrila	0,33	3	3	3
Acetona	-0,23	3	3	3
Hexano	3,5	3	3	3

Legenda: 1: Solúvel; 2: Parcialmente solúvel; 3: Insolúvel.

Os resultados obtidos nesta etapa permitiram-nos definir que os solventes DMSO, etanol e *terc*-butanol poderiam ser usados para a reação.

A hidrofobicidade dos solventes orgânicos influencia na atividade da enzima e a especificidade dos substratos. Neste caso, o ácido L-ascórbico é hidrofílico e fácil de dissolver em solventes polares, mas o ácido oleico e o ascorbil oleato são hidrofóbicos e possuem preferência por solventes apolares.

O DMSO foi o solvente que solubilizou com menor quantidade e com maior rapidez os substratos da reação, mas a desvantagem é a dificuldade de separação do produto do solvente em função da temperatura de ebulição de 189 °C. Outra desvantagem da utilização deste solvente é a alta hidrofilicidade, que leva a um aumento da quantidade de água no sistema, não desejável para a síntese de ésteres (Balem, 2016).

O etanol possui relativa solubilidade pelos substratos, porém esse álcool pode participar da reação, ocasionando a produção de etil oleato, pela sua maior reatividade quando comparado com álcoois secundários e terciários.

O *terc*-butanol é o solvente mais adequado para essa síntese, porque solubiliza os substratos e, por ser um álcool terciário, é menos provável que reage com ácido oleico.

Reações para a produção de ésteres utilizam solventes orgânicos, que irão auxiliar na solubilização dos substratos. O critério mais importante na seleção de um solvente não aquoso é compatibilidade do mesmo com o catalisador e com os substratos da reação. Para isso, o solvente orgânico não deve afetar fortemente a camada de hidratação da enzima (Kumar et al., 2004).

3.2 Atividade de esterificação da lipase

Para um bom rendimento da reação, é necessário determinar qual enzima possui uma maior atividade, para poder ser aplicada no processo. A Tabela 2 apresenta os resultados da atividade de esterificação de duas enzimas comerciais, Novozyme 435 e NS 88011.

Tabela 2. Atividade de esterificação para Novozyme 435 e NS 88011.

Enzima	Atividade de esterificação ($U.g^{-1}$)
Novozyme 435	2166,26
NS 88011	1737,38

A enzima Novozyme 435 apresentou atividade de esterificação de 2166,26 $U.g^{-1}$, enquanto que para NS 88011 o valor encontrado foi de 1737,38 $U.g^{-1}$. Quanto maior for o valor de $U.g^{-1}$, maior é a capacidade de esterificação da enzima, e com isso mais produto será formado ao término da reação. Através dessa análise, a enzima Novozyme 435 será utilizada para a reação de esterificação do ácido ascórbico com ácido oleico.

Enzimas imobilizadas apresentam alguns benefícios como: melhor desempenho em solventes não-aquosos, eficiência no processo de recuperação e separação do produto da reação, pode ser reciclada para economizar custos, mínima contaminação de proteína no produto, maior estabilidade ao calor, solventes orgânicos e autólise, maior produtividade do catalisador por custo-eficiência, manuseamento conveniente e seguro (Novozymes.com).

Erig e colaboradores (2014) fizeram uma comparação entre a atividade de esterificação de diferentes lipases comerciais e, dentre elas, a Novozyme 435. A atividade de esterificação encontrada por eles para essa enzima (2889,41 $U.g^{-1}$) foi semelhante a encontrada em nossos testes (2166,26 $U.g^{-1}$), o que demonstra a aplicabilidade da mesma em diversos processos como catalisador

3.3 Estudo do efeito do solvente sobre a atividade enzimática

A atividade enzimática pode variar significativamente com o solvente a ser utilizado, estando relacionada com vários fatores (Graber et al., 2007). Os solventes mais danosos são os altamente polares e mais hidrofílicos, porque são capazes de remover a camada de água essencial da superfície da enzima, além de competir pelas ligações de hidrogênio entre os átomos da proteína, causando a desnaturação do biocatalisador, perdendo sua atividade de catalisador (Herbst et al., 2012).

A Figura 1 apresenta os resultados da atividade da enzima Novozyme 435 com o uso de três diferentes solventes (DMSO, etanol e *terc*-butanol) em diferentes tempos de reação de esterificação.

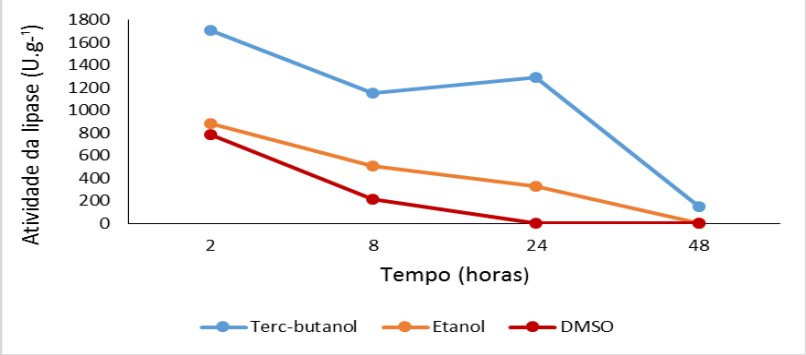


Figura 1. Atividade da Novozyme 435 com o uso de diferentes solventes em diferentes tempos.

Analisando a Figura 1, pode-se observar que a enzima perdeu atividade mais rapidamente com o uso do DMSO, o que incapacita seu uso na reação, mesmo que com ele a quantidade de solvente necessária para solubilizar os substratos seja menor.

O etanol possui dois pontos negativos para sua utilização na síntese de ascorbil oleato. O primeiro é o fato dele competir com o substrato de função álcool na reação e o segundo ponto negativo, é que ele faz a enzima perder a atividade gradativamente com o tempo, até que ela seja inativada, observada a baixa atividade enzimática observada nos diferentes tempos (Figura 1).

O *terc*-butanol apesar de necessitar de maior quantidade para solubilizar os substratos, é o solvente que menos interferiu na atividade enzimática nas primeiras horas de reação e, mesmo após 48 horas, a enzima não perdeu totalmente a atividade, demonstrando que este solvente pode ser aplicado na síntese de ascorbil oleato (Figura 1).

Lerin (2010) analisou a conversão de ascorbil palmitato com diferentes solventes (etanol, 2-propanol, n-propanol, *terc*-butanol e éter de petróleo) nas condições de 50ºC, com razão molar entre os substratos 1:5 (ácido L-ascórbico e ácido palmítico), 5% m/m de enzima (Novozyme 435 e Lipozyme RM IM), em 20 mL de solvente e agitação de 150 rpm para 24 horas e constatou que houve conversão do produto apenas com a utilização de *terc*-butanol.

3.4 Estabilidade operacional da enzima

Uma das vantagens do uso de biocatalisadores é a sua facilidade de separação do meio reacional e a possibilidade de reutilização em novas reações, diminuindo o custo do processo. Por esse motivo, é necessária a investigação de quantos ciclos é possível a reutilização da mesma enzima.

A Figura 2 apresenta a atividade residual da enzima Novozyme 435 após cada ciclo de reuso.

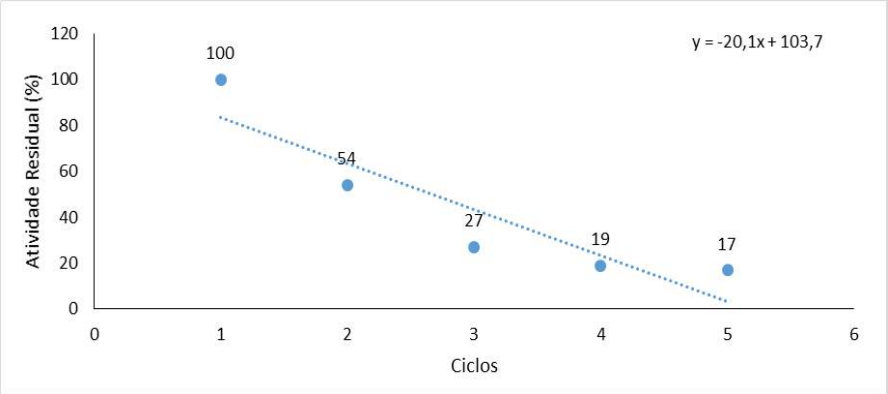


Figura 2. Atividade residual da enzima após cada ciclo de reuso.

Segundo a Figura 2, a atividade da enzima diminui pela metade já depois do primeiro ciclo operacional, e novamente pela metade no terceiro. Porém no quarto e quinto ciclo, a atividade da enzima regrediu muito pouco, não chegando a se tornar inativada.

As enzimas são consideradas catalisadores naturais, sendo que a maioria delas são produzidas por fermentação de materiais de base biológica (Louwrier, 1998). Condições de temperatura (30 a 70°C), pH e pressão são consideradas brandas e suas taxas de reação são bem elevadas (aumento da taxa de uma reação de 108 a 1.012 vezes). Com isso, há uma redução dos custos do processo, pois sua elevada especificidade resulta em um maior rendimento do processo, obtenção de produtos biodegradáveis e redução na formação de resíduos (Rufino et al., 2010).

Estudos realizado por Balen (2016) buscou analisar por quantos ciclos ocorria a produção de ascorbil oleato utilizando microondas. No primeiro ciclo a conversão máxima foi de 75,4%, essa produção diminuendo até o 4 ciclo (11,48%), sendo que a partir do 5 ciclo não houve mais conversão de produto.

Devido ao alto custo da utilização de biocatalisadores, formas que visam diminuir esses custos devem ser estudadas para a aplicação industrial.

4. CONCLUSÕES

Os resultados preliminares permitiram concluir que a enzima Novozyme 435 apresenta maior atividade enzimática quando comparada com a lipase NS 88011 e o solvente mais adequado para realizar a reação de esterificação enzimática do ácido ascórbico com ácido oleico é o *terc*-butanol. Em relação a estabilidade operacional da enzima, a lipase Novozyme 435 apresentou atividade residual até o 5 ciclo, indicando que há a possibilidade de aplicação na indústria visando redução de custos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS, CNPq, CAPES e URI pela concessão de bolsas e/ou apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

Balem, M., 2016. *Síntese enzimática de ascorbil oleato utilizando tecnologias alternativas*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Balen, M.; Silveira, C.; Kratz, J. M.; Simões, C. M.; Valério, A.; Ninow, J.; Nandi, L. G.; Diluccio, M.; De Oliveira, D., 2015. "Novozyms 435 catalyzed production of ascorbyl oleate in organic solvente ultrasound-assisted system". *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 4, p. 514–520.

Chang, K.; Ismail, A.; Daud, Z., 2016. "Properties, Determination and Uses" *In*: Caballero, B., Finglas, P.M., Toldrá, F. *Encyclopedia of food and health***.** Reino Unido: Elsevier, v. 1, p. 275-284.

Erig, C. L.; Bonissoni, C.; Guzzo, M. E.; Soligo, A.; Dalla Rosa, A.; Dors, G. C.; Feltes, M. M. C., 2014. "Comparação da atividade de esterificação de diferentes lipases comerciais". *In*: *Mostra nacional de iniciação científica e tecnologia interdisciplinar*, Araquari, Instituto Federal Catarinense, p. 1-5.

Ferraz, L. R; De Oliveira, D. S.; Silva, M. F.; Rigo, E.; Di Luccio, M.; Oliveira, J. M.; De Oliveira, D.; Treichel, H., 2012. "Production and partial characterization of multifunctional lipases by Sporobolomyces ruberrimus using soybean meal, rice meal and sugarcane bagasse as substrates". *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 1, p. 243-252.

Gotor-Férnandez, V.; Brieva, R.; Gotor, V., 2006. "Lipases: Useful biocatalystis for the preparation of pharmaceuticals". *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v. 40, p. 111-120.

Graber, M.; Irague R.; Rosenfeld, E.; Lamare, S., 2007. "Solvent as a competitive inhibitor for Candida antarctica lipase B". *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 1774, p. 1052–1057.

Herbst, M.; Bornemann, L.; Graf, A.; Vereecken, H.; Amelung, W. A., 2012. "A geostatistical approach to the field-scale pattern of heterotrophic soil CO2 emission using covariates". *Biogeochemistry, Dordrecht*, v. 111, n. 1, p. 377–392.

Kumar, R.; Madras, G.; Modak, J., 2004. "Enzymatic synthesis of ethyl palmitate in supercritical carbon dioxide". *Industrial & Engineering Chemistry Research***,** v. 43, p. 1568-1573.

Kuss, F. *Agentes oxidantes e antioxidantes*. 2005. Seminário apresentado na disciplina de bioquímica do tecido animal, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Lerin, L.A. *Síntese enzimática de ascorbil palmitato em diferentes sistemas reacionais*. 2010. Tese de Doutorado, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

Louwrier, A., 1998. "Industrial products: the return to carbohydrate-based industries". *Biotechnology and Applied Biochemistry*, v. 27, p. 1-8.

NOVOZYMES. Immobilized lipase enzymes. Acesso em: 01 de maio de 2017. Disponível em: <http://www.novozymes.com/en/solutions/pharmaceuticals/biocatalysis/immobilized-lipase-enzymes>

Pardakhty, A; Ahmadzadeh, S.; Avazpour, S.; Gupta, V. K., 2016. "Highly sensitive and efficient voltammetric determination of ascorbic acid in food and pharmaceutical samples from aqueous solutions based on nanostructure carbon paste electrode as a sensor". *Journal of Molecular Liquids*, v. 216, p. 387–391.

Prya, K.; Chadha, A., 2003. "Synthesis of hydrocinnamic esters by *Pseudomonas cepacia* lipase". *Enzyme and Microbial Technology*, v. 32, p. 485-490.

Rufino, A. R.; Biaggio, F. C.; Santos, J. C.; Castro, H. F., 2010. "Screening of lipases for the synthesis of xylitol monoesters by chemoenzymatic esterification and the potential of microwave and ultrasound irradiations to enchance the reaction rate". *International journal of biological macromolecules*, v. 47, p. 5-9.

7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material impresso incluídos neste papel.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

SELEÇÃO DE CULTURAS ´STARTER´ DE BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS PARA A INDÚSTRIA ENOLÓGICA

Shana Paula Segala Miotto
Letícia Caroline Fenstenseifer
Evandro Ficagna
Simone Bertazzo Rossato
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves – Av. Osvaldo Aranha, 540.
paula.miotto@bento.ifrs.edu.br
leticia.fens@gmail.com
evandro.ficagna@bento.ifrs.edu.br
simone.rossato@bento.ifrs.edu.br

Eunice Valduga
Rogério Luis Cansian
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim – Av. Sete de Setembro, 1621 - Erechim, RS.
veunice@uricer.edu.br
cansian@uricer.du.br

Resumo: *Para a produção de vinhos tintos, além da fermentação alcoólica também é realizada a fermentação malolática, uma descarboxilação que permite reduzir a acidez sem comprometer a qualidade sensorial. No Brasil, as vinícolas de grande porte realizam a mesma com o uso de bactérias selecionadas, isoladas principalmente na Itália e França. Diante disto, decidiu-se investigar quais bactérias autóctones do Brasil participam deste processo e quais delas possam estar melhor adaptadas a ele. Foi realizado o isolamento das mesmas a partir de vinhos tintos e após isto, testou-se seu potencial fermentativo. Dos 7 isolados testados, 3 demonstraram capacidade de realizar a descarboxilação de ácido L-málico em até 45 dias, ou seja, apresentaram potencial para aplicação na indústria enológica.*
Palavras-chave: *Fermentação malolática, adaptação ecológica, desacidificação biológica, vinhos tintos.*

1. INTRODUÇÃO

A produção de uvas no Brasil encontra-se principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste (Protas et al., 2002). De acordo com os dados disponibilizados no site do IBGE (2015), das 1.499.353 toneladas de uvas produzidas no país, o RS foi responsável por 703. 271. 388 toneladas neste mesmo ano. Apesar desse grande volume de uvas, a produção de vinhos finos é relativamente recente no Brasil. Entretanto, o interesse por essa atividade tem se intensificado nos últimos anos (Binati, 2015). Dentro deste contexto, a região que mais se destaca no país é a Serra Gaúcha, pois apresenta sazonalidade adequada para a produção de uvas viníferas.

Após a produção do mosto, são adicionadas leveduras comerciais dando início a fermentação alcoólica (FA). Ao final desta, geralmente os vinhos tintos são conduzidos a Fermentação Malolática (FML) realizada por Bactérias ácido láticas (BAL), principalmente dos gêneros *Oenococcus* e *Lactobacillus*, que atuam basicamente na conversão de ácido málico em ácido lático, culminando na redução na acidez total do vinho, aumento do pH, estabilização microbiológica e produção de compostos relacionados ao aroma e sabor do produto final (Binati, 2015). As pequenas vinícolas da região costumam deixar que o processo de FML inicie naturalmente após a FA. Todavia, esta fermentação espontânea não permite que se faça um controle rigoroso do processo. Já, as bactérias utilizadas nas grandes vinícolas são importadas da Itália e da França, possuindo custo elevado.

Assim, o objetivo deste trabalho testar isolados BAL da Serra Gaúcha e estudar seu potencial para utilização como culturas ‘starter’ da Fermentação Malolática em vinhos finos tintos.

2. METODOLOGIA

Os isolados testados foram obtidos de amostras de vinhos tintos das vinícolas da região da Serra Gaúcha da variedade Pinot Noir, safra 2016.

Para testar a capacidade dos isolados em degradar o ácido L-málico foi utilizada a metodologia de Solieri et al. (2009), usando-se vinho sintético (4 g L^{-1} extrato levedura; 2 g L^{-1} glicerol; 6 g L^{-1} ácido L-málico; 10 % etanol absoluto (v/v), com pH inicial de 3,5).

Inicialmente os isolados descongelados foram adensados em caldo MRS a 21ºC durante 48h. Após crescimento, 1000 microlitros de inóculo (0,8OD) dos isolados e de bactéria padrão (*Oenococcus oeni* comercial) foram transferidos para tubos de ensaio contendo 9mL vinho sintético (VS), os quais foram mantidos fechados para evitar oxigenação. A fermentação foi conduzida por 60 dias em temperatura controlada (21ºC) e a cada 5 dias o crescimento foi avaliado por leitura a 660nm em espectrofotômetro UV-VIS, tendo como branco vinho sintético estéril (Solieri et al., 2009). A confirmação foi realizada por contagem de unidades formadoras de colônias (UFC/mL) com técnica de micro diluição em microtubos até 10^{-3}. As curvas de crescimento foram construídas com base nos valores médios das leituras.

Para o acompanhamento da descarboxilação do ácido L-málico, nos mesmos dias da contagem celular, foi realizada cromatografia em papel, utilizando uma mistura de butanol e ácido acético com azul de bromofenol como indicador. Alíquotas de 30 microlitros do VS fermentado pelos isolados, um fermentado pela bactéria comercial e uma amostra contendo apenas ácido L-Málico (solução de 6%), foram pipetadas no papel Whatmann nº1 e após secagem foram acondicionadas em cuba vedada para corrida durante cerca de três horas, conforme metodologia descrita por Rizzon (2010). Sob as mesmas condições foi preparado um cromatograma com diferentes concentrações de ácido L-málico (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12%) para construção de uma curva padrão. Após a eluição, os cromatogramas foram secos em capela de exaustão por 30 minutos e escaneados. As imagens adquiridas foram submetidas ao software ImageJ (Rasband, 2017) e a partir das manchas foram geradas curva padrão de ácido L-málico, equacionamento e cálculo de concentração para as amostras.

Os resultados obtidos foram analisados com auxílio dos softwares Excel e Assistat (ANOVA e Teste de Tukey).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, são apresentados os resultados referentes ao crescimento das BAL em vinho sintético, onde é possível perceber que todos os isolados conseguiram desenvolver a biomassa em vinho sintético, sendo que apenas para os isolados 61, 76 e 79 as fases de desenvolvimento (Lag, Log e estacionária) apresentaram-se definidas e semelhantes ao que ocorre com a cultura de *O. oeni* comercial, onde se observa uma rampa de crescimento exponencial entre o 10º e 25º dia e a fase estacionária a partir do 40º dia de fermentação.

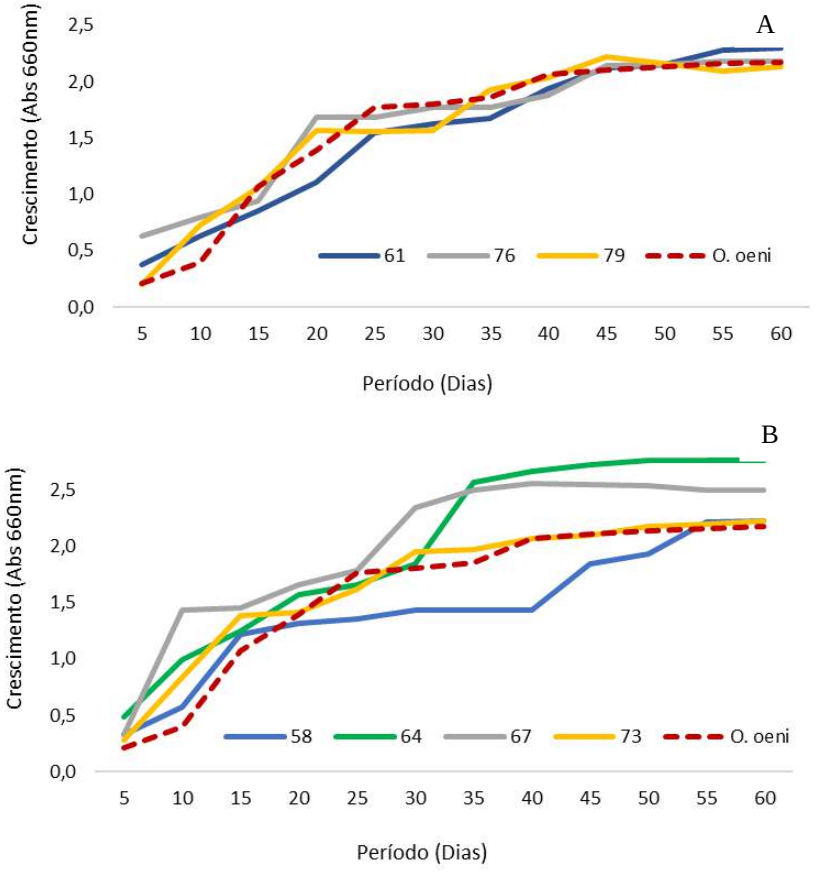


Figura 1 – Perfil de crescimento de isolados de BAL em vinho sintético durante 60 dias de FML.

(A) isolados 61, 76, 79 e *O. oeni*; (B) isolados 58, 64, 67, 73 e *O. oeni*.

Alguns isolados demonstraram maior velocidade de crescimento (isolados 64 e 67), tendo sua biomassa quadruplicada em 15 dias, porém ao final dos 60 dias de fermentação todos apresentaram valores entre 2,2 e 2,7 de absorbância. De acordo com Ribéreau-Gayon et al. (2006), após fermentação alcoólica, a população bacteriana permanece em fase de latência por tempo indeterminado, o qual pode durar alguns meses, dependendo de fatores pH, etanol e temperatura, e dos componentes do meio, o que justifica a diferença na fase estacionária dos isolados, o que justifica as diferenças encontradas.

Os isolados mostraram-se capazes de se desenvolver em meio mínimo utilizando apenas ácido L-málico como fonte de carbono. Binati (2015) encontrou valores similares para crescimento de isolados de bactérias ácido láticas utilizando meio ML (Krieger et al., 1992), enriquecido com açúcares e com apenas 2 g L^{-1} de ácido L-málico. Assim, pode inferir-se que os isolados utilizados no ensaio em vinho sintético são capazes de utilizar ácido L-málico como principal fonte de carbono.

Além disso, a cromatografia demonstrou uma redução na mancha de ácido L-málico para a *O. oeni* e o isolado 73 em 30 dias, já para os isolados 58, 76 e 79 isto ocorreu em 45 dias (Figura 2).

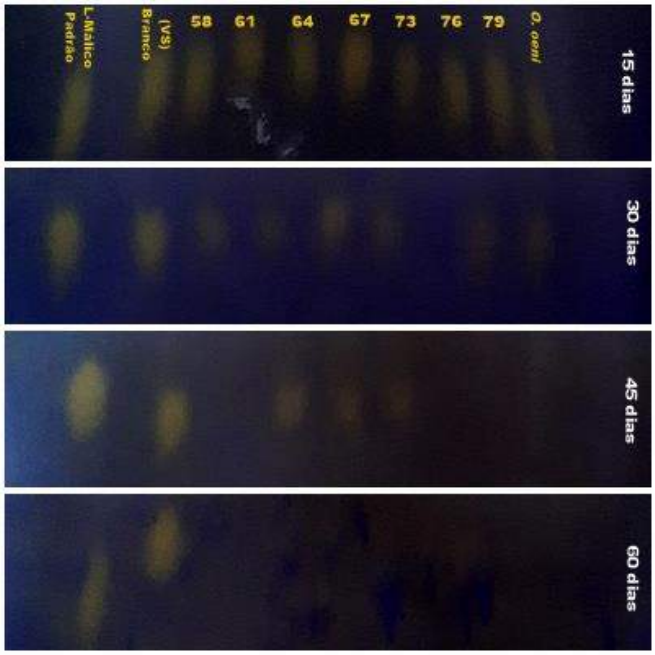


Figura 2 – Cromatogramas apresentando o consumo de Ácido L-málico pelos isolados de BAL testados em vinho sintético durante 60 dias de Fermentação Malolática.

A quantificação a partir da curva padrão e dos tamanhos das manchas permitiu evidenciar mais claramente a ocorrência da descarboxilação do ácido L-málico (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de Ácido L-málico (g/L) estimados a partir dos cromatogramas e software ImageJ.

Isolado	**5 dias**	**15 dias**	**30 dias**	**45 dias**	**60 dias**
Ácido L-málico	5,93^{NS}	5,90^{a}	5,93^{a}	5,93^{a}	5,93^{a}
58	5,90	5,03^{bc}	4,70^{c}	0,07^{d}	0,00^{b}
61	5,93	5,17^{b}	5,07^{b}	3,07^{b}	0,00^{b}
64	5,90	5,03^{bc}	4,87^{bc}	2,90^{b}	0,00^{b}
67	5,87	4,83^{c}	4,73^{c}	2,37^{c}	0,00^{b}
73	5,97	4,50^{d}	0,13^{d}	0,00^{d}	0,00^{b}
76	5,93	5,10^{b}	4,87^{bc}	0,03^{d}	0,00^{b}
79	5,93	4,87^{c}	4,70^{c}	0,07^{d}	0,00^{b}
O. oeni	5,93	4,40^{d}	0,20^{d}	0,03^{d}	0,00^{b}

*Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$). NS=não significativo.

Nos primeiros cinco dias de FML, tanto o padrão quanto os isolados testados apresentaram valores próximos a concentração de 6 g/L de ácido L-málico. Porém estes valores começam a decrescer e diferenciar-se a partir do 15º dia de fermentação malolática, sendo que no 30º dia, o isolado 73 e a bactéria comercial *O. oeni* apresentaram respectivamente 0,13 e 0,20 g/L de ácido L-málico, valores estes similares aos encontrados em trabalho semelhante por Solieri et al. (2009). Apenas 15 dias depois, os isolados 58, 76 e 79 chegaram a valores próximos (0,07; 0,03 e 0,07 g/L). Os demais isolados testados levaram cerca de 60 dias para finalizar a descarboxilação.

Sabendo que a Fermentação Malolática quando prolongada em demasia, traz propriedades organoléticas indesejáveis aos vinhos diminuindo sua palatabilidade (Inês, 2007), os isolados que potencialmente poderiam ser utilizados como culturas starter, seriam os que finalizaram a mesma em até 45 dias.

4. CONCLUSÕES

As técnicas empregadas permitiram a Fermentação Malolática em vinho sintético e a quantificação da descarboxilação do ácido L-málico pelos isolados. Três isolados realizaram a FML em até 45 dias (58,73,76 e 79), podendo inferir-se que os mesmos possuem potencial para aplicação enológica como culturas ‘starter’.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPq, IFRS – Campus Bento Gonçalves e URI pelo apoio financeiro.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Binati, R.L., 2015. Avaliação Da Fermentação Maloláctica Em Vinhos De Altitude Com Bactérias Ácido-Lácticas Autóctones Selecionadas. 111 f. *Dissertação* (Mestrado em Biotecnologia e Biociências) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

IBGE, 2015. Sistema de recuperação automática. Disponível em: http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/comunicado /cot137.pdf Acesso: 12 de setembro. 2016. *Sistema de recuperação automática.* Disponível em: http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp. Acesso: 5 mai. 2016.

Inês, A.F.H., 2007. Abordagem polifásica na caracterização e selecção de bactérias do acido láctico de vinhos da Região Demarcada do Douro. 198 p. *Tese* (Doutorado em Microbiologia) - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Krieger, S.A.; Hammes, W.P.; Henick-Kling, T., 1992. Effect of médium composition on growth yield, and malolactic activity of *Leuconostoc oenos* LoZH1-t7-1. *Food Microbiology* v. 9, p. 1-11.

Protas, J.F., Camargo, U.A., Mello, L.M.R., 2002. *A Vitivinicultura Brasileira: Realidade E Perspectivas.* In: Simpósio Mineiro de Viticultura E Enologia, Andradas.

Rasband, W., 2017. ImageJ documentation. Disponível em: www.rsb.info.nih.gov, acesso em 20/04/2017.

Ribéreau-Gayon, P.; Dubourdieu, D.; Donèche, B., Lonvaud, A., 2006. *Handbook of Enology – The microbiology of wine and vinifications*, vol. 1, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England.

Rizzon, L. A., 2010. *Metodologia para análise de vinho*. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 120 p.

Solieri, L., Genova, F., De Paola, M., Giudici, P., 2009. Characterization and technological properties of *Oenococcus oeni* strains from wine spontaneous malolactic fermentations: a framework for selection of new starter cultures. *Journal of applied microbiology,* v. 108, p. 285–298.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA DE VINHO TINTO COFERMENTADO PRODUZIDO COM AS UVAS TANNAT E CABERNET SAUVIGNON

Letícia Caroline Fenstenseifer
Shana Paula Segala Miotto
Valquíria Rodrigues Miecikowski
Luísa Cipriani
Ana Beatriz Peixoto de Camargos
Priscila Kopp Machado
Luciano Manfroi
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves – Av. Osvaldo Aranha, 540.
leticia.fens@gmail.com
paula.miotto@bento.ifrs.edu.br
v.miecikowski@hotmail.com
luisa.cipriani58@gmail.com
biacamargos@hotmail.com
prikopp@outlook.com
luciano.manfroi@bento.ifrs.edu.br

Resumo: *Durante o processo de vinificação diversas técnicas são empregadas para proporcionar as características ideais a um produto final equilibrado. A cofermentação consiste em fermentar duas ou mais variedades de uva juntamente, a fim de obter perfil aromático e gustativo diferente do obtido por meio de cortes de vinhos base varietais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial aromático e gustativo de um vinho tinto cofermentado das cultivares viníferas Tannat. Após a colheita, foi realizada vinificação tradicional e após, Análise Sensorial Descritiva Quantitativa. Foram analisados intensidade de cor, limpidez, nitidez olfativa e gustativa, aroma e sabor frutado, qualidade gustativa, corpo e persistência. O vinho cofermentetado manteve boas características sensoriais de ambas as cultivares, podendo inferir que a técnica empregada pode ser utilizada para aportar compostos de maneira natural, apresentando potencial de aplicação na indústria enológica.*
Palavras-chave: *Vinificação, maceração, análise sensorial descritiva.*

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do processamento das uvas, são percebidas mudanças nos parâmetros físico químicos da matéria prima, sendo muitas vezes mediada por microrganismos, como leveduras e bactérias láticas (Zoecklein et al., 1994). Aliados a estes, são utilizados insumos enológios a fim de propiciar ao mosto todos compostos necessários ao bom andamento da fermentação e à obtenção do produto final objetivado. A crescente preocupação em elaborar vinhos de qualidade motiva o setor vitivinícola a buscar técnicas alternativas de produção que satisfaçam tais necessidades.

O ponto de colheita é determinado com base no produto a ser elaborado e na maturação das uvas, qual é entendida como o resultado de alterações bioquímicas dependentes de fatores como condições climáticas, solo e manejo (Riberéau-Gayon, 2006). Devido a intempéries, as uvas podem ser colhidas antes da maturação completa, influenciando a concentração de açúcar, ácidos orgânicos, teor de compostos voláteis e de compostos fenólicos da uva (Champagnol, 1984).

A Serra Gaúcha, polo consolidado na produção de uva e vinho, possui histórico de safras prejudicadas pela variação das condições climáticas durante o ciclo produtivo (Mandelli, 2002), havendo dificuldade de atingir a maturação ideal que culmine em um vinho de qualidade. Já a região emergente da Campanha apresenta condições favoráveis para que haja acumulo de açúcar nas bagas e maior produção de compostos fenólicos, características que favorecem a elaboração de vinhos de qualidade superior (Pötter, 2011).

Após a vinificação, a maioria das vinícolas realiza cortes entre dois ou mais vinhos, técnica conhecida como *blend*, buscando equilibrar o produto. Entretanto, a utilização de uvas com características fenológicas complementares pode aportar naturalmente os compostos requeridos, podendo diminuir o uso de produtos exógenos. A cofermentação consiste em fermentar juntamente duas ou mais variedades de uva para a produção de um vinho diferenciado,

potencializando os aromas florais e frutados, e concedendo maior intensidade de cor e textura. O processo resulta em características sensoriais únicas, diferentes das obtidas por meio de cortes de vinhos varietais, técnica empregada comumente na indústria.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial aromático e gustativo de um vinho tinto produzido através da cofermentação entre as cultivares Cabernet Sauvignon, proveniente da Serra Gaúcha, e Tannat, da região da Campanha, através de Análise Sensorial Quantitativa.

2. METODOLOGIA

Para a vinificação, foram utilizadas uvas das cultivares Tannat e Cabernet Sauvignon, safra 2017, provenientes das regiões da Campanha e Serra Gaúcha, respectivamente. Após a colheita manual, as uvas foram condicionadas em caixas de plástico e encaminhadas para a vinícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, *campus* Bento Gonçalves, onde procedeu-se a vinificação.

Após o recebimento, as uvas foram desengaçadas, selecionadas e esmagadas manualmente, e transferidas para um tanque de inox. Uma alíquota de 500 mL foi coletada para realização de análises físico químicas pré-fermentativas, conforme protocolo previsto pela Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV, 2016), potencial hidrogeniônico (pH), grau alcoólico provável, acidez total e grau glucométrico. Adicionou-se anidrido sulfuroso (SO2), na ordem de 35,5 mg L-1, sob a forma de Metabissulfito de Potássio, e enzimas pectolíticas na dose de 5g hL-1. A dose de SO2 foi definida mediante análise de pH do mosto, conforme Ribereau-Gayon (2006). O tanque foi encaminhado à maceração a frio em câmara fria, onde permaneceu em temperatura abaixo de 5º C por 48h. Neste período, foram mini stradas cerca de 10 remontagens com o objetivo de homogeneizar o mosto.

A fermentação alcoólica (FA) foi feita mediante adição de leveduras selecionadas Saccharomyces cerevisiae previamente aclimatadas às condições do mosto. Foi adicionado nutriente fosfatado, na ordem de 15g hL^{-1}, para que junto às substancias contidas na baga pudesse propiciar o correto desenvolvimento da população de leveduras e a fermentação ocorresse de maneira linear. O processo ocorreu à 20º C, tendo durado nove dias. Ao fim da FA, o vinho foi transferido para um tanque de vidro e o bagaço descartado. Após a decantação da borra fina, o vinho foi trasfegado para tanque de polipropileno onde procedeu-se a fermentação malolática (FML) com inoculação de bactérias ácido láticas selecionadas do gênero *Oenococcus oeni*. Ao término desta, o vinho foi encaminhado para estabilização tartárica à frio para que ocorresse a precipitação dos sais de tartarato de potássio antes do engarrafamento. O vinho foi conduzido às garrafas previamente limpas por gravidade com o auxílio de um funil de plástico. Após, cada garrafa recebeu uma solução de SO_2, contendo 25mg L^{-1}, e foram arrolhadas.

As técnicas empregadas preconizaram a expressão das características varietais e a formação de aromas. Foi realizada Análise Sensorial Descritiva Quantitativa (ADQ ®), com painel composto por 20 provadores. Os atributos analizados foram: intensidade de cor, limpidez, nitidez olfativa e gustativa, aroma e sabor frutado, qualidade gustativa, corpo e persistência. O vinho tinto cofermentado foi avaliado juntamente com dois vinhos varietais Tannat e *Cabernet Sauvignon* afim de verificar a tendência do vinhoa estas varietais.

Os resultados obtidos foram analisados com auxílio do *software* Excel e Assistat 7.7 (Silva, 2017) para ANOVA e Teste de Tukey.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do teste Tukey foi possível, a partir dos atributos avaliados, verificar a tendência do vinho cofermentado à Tannat ou *Cabernet Sauvignon*. Conforme tabela 01, constatou-se que não houve diferença significativa a 5% entre as médias para os atributos persistência e qualidade olfativa, o que pode ser explicado pelo fato de que todos vinhos em questão serem produtos de uvas potentes, com alta carga de polifenóis. Para os atributos frutado, limpidez, nitidez olfativa e gustativa e qualidade gustativa, o vinho tinto cofermentado e o Tannat não apresentaram diferença significativa a 5%, podendo assim dizer que nestes pontos, o vinho tendeu ao Tannat. Os comentários feitos pelo painel corroboram com os resultados encontrados; o painel concordou que o vinho cofermentado mostrou-se próximo em aromas do Tannat, bem como em boca. O atributo intensidade de cor foi o único em que o vinho tinto cofermentado apresentou o mesmo resultado que o *Cabernet Sauvignon*, não havendo diferença significativa ($p<0,05$).

As médias de cada atributo foram inseridas em um gráfico radar para melhor visualização dos resultados.

Tabela 01 – Resultados das médias dos 20 provadores em relação a diferentes vinhos tintos: Cofermentado, Tannat e *Cabernet Sauvignon*

Amostras	**Pontuação dos Atributos**							
	Frutado	**Intensidade de Cor**	**Limpidez**	**Nitidez Gustativa**	**Nitidez Olfativa**	**Persistência**	**Qualidade Gustativa**	**Qualidade Olfativa**
	6,32 [ab]	5,53 [b]	8,5 [a]	6,65 [ab]	6,73 [ab]	6,15 [a]	6,68 [ab]	7 [a]

Tannat								
C. Sauvignon	5,43 [b]	9,18 [a]	7,1 [b]	6,1 [b]	6,5 [b]	6,63 [a]	6 [b]	6,45 [a]
Cofermentado	6,93 [a]	8,28 [a]	8,18 [ab]	7,5 [a]	7,5 [a]	7,17 [a]	7,63 [a]	7,47 [a]

*Letras iguais referem-se à amostras que não diferem entre si a 5%. NS não significante.

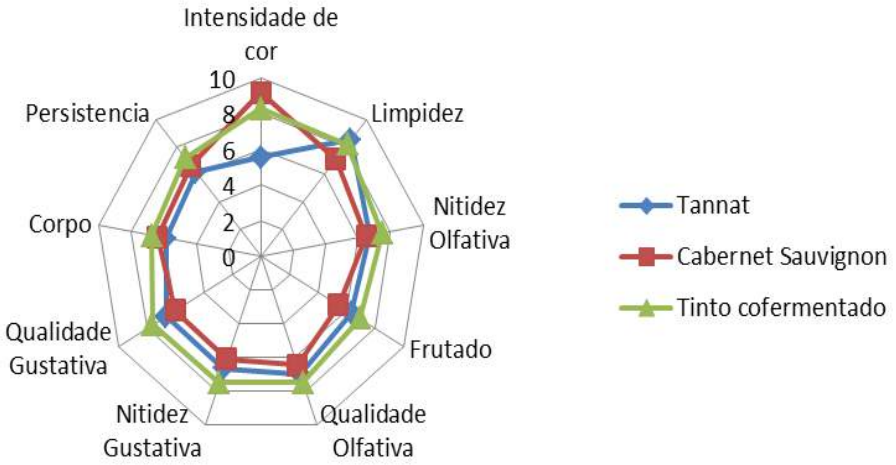


Figura 01 – Resultados da análise sensorial em ADQ expostos em gráfico radar.

A maior expressividade da cultivar Tannat nos atributos nitidez olfativa, nitidez gustativa e qualidade gustativa no vinho cofermentado pode ser explicada pelo alto índice de maturação fenólica da uva, resultante das condições edafoclimáticas da região da Campanha Gaúcha. Conforme Marchetti e Guerzoni (1987), o aroma do vinho é influenciado por muitos fatores diferentes, como variedade de uva, clima, solo, condições de fermentação, cepas de levedura, microflora e técnicas de produção.

Dentro da mesma premissa, pode-se inferir que o *Cabernet Sauvignon*, proveniente da Serra Gaúcha, apresentou maturação deficitária, uma vez que as condições de altitude da região atrasam o ciclo produtivo. Dado que ambas uvas foram colhidas no mesmo período, pode-se inferir que a *Cabernet Sauvignon* aportou ao vinho baixa quantidade de polifenóis, havendo menor percepção desta. Além disso, compostos que estão estritamente relacionados com a variedade de uva, como certos terpenos e norisoprenoides, podem ser importantes para a expressão de características varietais no vinho (Pekta et al, 2006).

O vinho cofermentado apresentou características semelhantes a vinhos processado com o auxílio de insumos. Sem a interferência de taninos, alternativos de carvalho e outros produtos, foi possível perceber a expressão da uva, podendo avaliar as potencialidades da técnica.

4. CONCLUSÕES

A técnica de cofermentação empregada para vinificação apresentou resultados satisfatórios, podendo ser utilizada para dar aporte de compostos de maneira natural ao mosto, de modo a contribuir para a diminuição de custos do processo de vinificação. A metodologia utilizada para traçar o perfil sensorial do vinho cofermentado mostrou-se eficiente para avaliação das características organolépticas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFRS – Campus Bento Gonçalves pelo apoio financeiro.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Champagnol, F., 1984. *Éléments de physiologie de la vigneet de viticulture générale*. Montpellier: Déhan, 351p.

International Organization Of Vine and Wine, 2016. *Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts*. Edition 2016. Disponível em: http://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/methods-analysis/compendium-international-methods-analysis-wines-and-musts-2-vol. Acesso em 25/08/17.

Mandelli, F., 2016. *Relação entre variáveis meteorológicas, fenologia e qualidade da uva na Serra Gaúcha.* Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 196 p.

Marchetti, R., Guerzoni, M. E., 1987. Effets de l'interaction souche de levure/composition du mout sur la production, au cours de la fermentation, de quelques metabolites volatils. *Congresse du Vigne et Vin*, v. 21, p. 113-125.

Petka, J., Ferreira, V., Gonzalez-Vinas, M.A. and Cacho, J., 2006. Sensory and chemical characterization of the aroma of a white wine made with Devin grapes. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 54, p. 909-915.

Potter, G. H. et al., 2010. Desfolha parcial em videiras e seus efeitos em uvas e vinhos Cabernet Sauvignon da região da Campanha do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, v. 40, n. 9.

Ribéreau-Gayon, P.; Dubourdieu, D.; Donèche, B., Lonvaud, A., 2006. *Handbook of Enology – The microbiology of wine and vinifications*, vol. 1, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England.

Silva, F. A. S., Azevedo, C. A. V., 2016. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 39, p. 3733-3740. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522.

Zoecklein, B.W. et al., 1994. *Wine analysis and production*. New York: Chapman & Hall. 621p.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

OTIMIZAÇÃO DA BIOPRODUÇÃO DE PECTINASES TOTAIS POR *Aspergillus niger* ATCC 9642 EM BIORREATOR COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Luana Gayeski
Jamile Zeni
Geciane Toniazzo Backes
Eunice Valduga
Rosicler Colet
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. sete de setembro, 1621, Erechim-RS, 99709-910.
luanagayeski13@gmail.com*
rosicler.colet@bol.com.br
veunice@uricer.edu.br

Lenara Menghel Santa Catarina
Maurício Moura da Silveira
Universidade de Caxias do Sul. Avenida Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul, RS, Brasil.
lmscatharina@ucs.br
mmsilvei@ucs.br

Resumo. *As pectinases são enzimas amplamente utilizadas em diversos segmentos industriais, como indústria de alimentos, tecidos, papel, antifúngicos entre outras. Para aumentar a viabilidade técnica e econômica do uso destas enzimas em diferentes processos é necessário a busca de alternativas para aumentar a estabilidade e a atividade enzimática. Além disso, ressalta-se a possibilidade neste caso da produção de pectinases por processos biotecnológicos, obtidos naturalmente, utilizando produtos agrícolas de baixo custo e/ou resíduos, como substratos, onde países em desenvolvimento podem investir neste campo de conhecimento, buscando competir neste mercado, principalmente o Brasil, devido à sua imensa biodiversidade, podendo reduzir a preocupação com a utilização de aditivos químicos em alimentos. Dentro deste contexto, o objetivo desse trabalho foi a otimização da bioprodução de pectinases totais pelo fungo filamentoso* Aspergillus niger *ATCC 9642 em biorreator, empregando fermentação submersa com resíduos agroindustriais. Obteve-se a máxima produção de pectinases totais de 37,1 U/mL, utilizando a 120 g/L de casca de laranja, 150 g/L de água de maceração de milho e 300 g/L de água parboilizada de arroz, pH incial 5,5, 30°C, 96 h e 180 rpm .*

Palavras-chave*: Pectinases, fermentação submersa e resíduos agroindustriais.*

1. INTRODUCÃO

No mercado mundial a diversidade industrial mostra um amplo campo de aplicação de enzimas, abrangendo as áreas como, alimentar, têxtil e química, apontando redução significativa da energia necessária para a obtenção de produtos manufaturados. As enzimas, com potencial tecnológico, são utilizadas como catalisadores de processo, com capacidade de transformar as matérias-primas em produtos com maior valor agregado, devido à facilidade de obtenção (por biotecnologia) e às vantagens em relação aos catalisadores químicos, como maior especificidade, menor consumo energético e maior velocidade de reação. O mercado global de enzimas tem se mostrado em expansão, movimentando em torno de US$ 4,8 bilhões em 2013 e com projeção de ultrapassar 7,1 bilhões até 2018 (Dewan, 2014).

Dentre as enzimas produzidas comercialmente, destacam-se as enzimas pectinolíticas, ou pectinases, que atuam degradando as substâncias pécticas presentes na parede celular dos vegetais. Essas enzimas correspondem a 25 % das enzimas utilizadas na indústria de alimentos, onde sua principal aplicação é no processamento de frutas (Li *et al*., 2012), redução da viscosidade, para melhorar a eficiência de filtração e de clarificação (Gummandi e Panda, 2003; Almeida *et al*., 2005; Zeni *et al*, 2014) no tratamento preliminar da uva em indústrias vinícolas; na maceração, liquefação e extração de tecidos vegetais; na fermentação de chá, café e cacau (Da Silva *et al*., 2005; Almeida *et al*., 2005; Kant *et al*., 2013) para melhorar a extração de óleos vegetais (Lima *et al*., 2005; Da Silva *et al*., 2005) na extração de polpa de

tomate (Almeida *et al*., 2005) e no tratamento e degomagem de fibras naturais para as indústrias têxtil e de papel (Almeida *et al*., 2005; Kaur *et al*., 2004; Taragano e Pilosof, 1999; Lima *et al*., 2005).

A habilidade para sintetizar enzimas pectinolíticas é muito comum entre os grupos de micro-organismos, mas os fungos são os preferidos em escala industrial, pois cerca de 90 % das enzimas produzidas podem ser secretadas no meio de cultura (Blandino *et al*., 2002; Bravo *et al*., 2000).

Visando a redução de custos na bioprodução de pectinases, os resíduos agroindustriais como casca de café, casca e bagaço de frutas cítricas, farelo de trigo, bagaço de uva, bagaço de mandioca e bagaço de beterraba doce, água de maceração de milho e água de parboilização de arroz podem ser utilizados como substratos para a produção de compostos de maior valor agregado como enzimas, etanol, proteínas, ácidos orgânicos e compostos de aroma, desde que se escolha o micro-organismo apropriado ou adaptado para a finalidade desejada (Bravo *et al*., 2000). Neste contexto, a fermentação submersa devido a presença de água livre, garante maior homogeneidade ao meio e, desse modo, facilita o controle de parâmetros de processo como o pH, a temperatura e o suprimento de oxigênio, além de desempenhar um papel de destaque no aproveitamento de resíduos líquidos e sólidos, pois, em virtude do crescimento microbiano, ocorre a síntese de diversos compostos, dos quais as enzimas, de grande interesse para segmentos industriais, além de elevado valor agregado (Gomes *et al*., 2015).

Neste contexto insere-se o objetivo deste trabalho, otimização da bioprodução de pectinases pelo fungo filamentoso *Aspergillus niger* ATCC 9642 em frascos agitados, empregando fermentação submersa com resíduos agroindustriais.

2. METODOLOGIA

As enzimas serão produzidas a partir da cepa do fungo filamentoso de Aspergillus niger ATCC 9642, que será cultivada em Potato Dextrose Ágar (PDA) durante 5 dias a 30°C.

2.1 Bioprodução de pectinases com resíduos agroindustriais em frascos agitados

Inicialmente, para a bioprodução de pectinases totais empregando meio de cultura a base de substratos agroindustriais (casca de laranja, água de maceração milho e água de parboilização de arroz) foram realizados ensaios em frascos agitados, utilizando metodologia de planejamento de experimentos (fatoriais completos) conforme demonstrado na Tab. 1 que apresenta os valores codificados (reais) das variáveis independentes estudadas e a resposta em atividade enzimática de pectinase total. As variáveis independentes fixas foram temperatura (30ºC), agitação (180 rpm), pHinicial (5,5) e concentração de esporos ($5x10^6$ esporos/mL).

2.2 Atividade de pectinases totais

A atividade de pectinases será avaliada pelo método descrito por Maiorano (1990) e modificado por Malvessi (2000). Este método é baseado na medida da redução da viscosidade de uma solução padrão de pectina 0,63 % (m/v) submetida à ação de enzimas pectinolíticas que rompem as ligações glicosídicas internas da cadeia de ácido poligalacturônico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 "Screening" das variáveis da bioprodução de pectinase em frascos agitados

A máxima atividade de pectinase total foi de 37,06 U/mL (Ensaio 10 – Tab. 1), com meio de cultivo composto por 187 g/L de casca de laranja, 150 g/L de água de maceração de milho e 300 g/L de água de parboilização de arroz e nas condições de 180 rpm, 30°C, 120 h, $5x10^6$ esporos/mL e $pH_{inicial}$ 5,5.

Os resultados da Tab. 1 foram tratados estatisticamente e os efeitos estimados das variáveis sobre a bioprodução de pectinase total com resíduos agroindustriais, podem ser melhor visualizados pelo Gráfico de Pareto apresentado na Figura 1.

A concentração de água de maceração de milho e a casca de laranja apresentaram efeito significativo positivo, já a água de parboilização de arroz teve uma influência significativa negativa ($p<0,05$) sobre a atividade da pectinase. Os fatores não significativos foram adicionados à falta de ajuste para a análise de variância - ANOVA.

A Equação 1 apresenta o modelo codificado de segunda ordem, que descreve a atividade da pectinase total em função das variáveis independentes (casca de laranja, água de maceração de milho e água de parboilização de arroz) dentro da faixa estudada.

Tabela 1. Matriz do planejamento fatorial 2^3 valores codificados (reais) e respostas em produção da enzima pectinase total.

Ensaios	*Variáveis Independentes**			*PT (U/mL)*
	X_1	X_2	X_3	
1	-1 (80)	-1 (60)	-1 (150)	21,5450532
2	1 (160)	-1 (60)	-1 (150)	30,098057
3	-1 (80)	1 (240)	-1 (150)	28,7776672
4	1 (160)	1 (240)	-1 (150)	35,3881539
5	-1 (80)	-1 (60)	1 (450)	15,4081426
6	1 (160)	-1 (60)	1 (450)	16,8739947
7	-1 (80)	1 (240)	1 (450)	15,8842608
8	1 (160)	1 (240)	1 (450)	21,2822876
9	0 (120)	0 (150)	0 (300)	19,3665494
10	0 (120)	0 (150)	0 (300)	37,0749813
11	0 (120)	0 (150)	0 (300)	15,155607
12	-1,68 (52,8)	0 (150)	0 (300)	32,9988799
13	1,68 (187,2)	0 (150)	0 (300)	26,436315
14	0 (120)	-1,68 (0)	0 (300)	25,0201677
15	0 (120)	1,68 (301,2)	0 (300)	32,2018581
16	0 (120)	0 (150)	-1,68 (48)	32,7608614
17	0 (120)	0 (150)	1,68 (552)	32,652372

*X_1= Casca de Laranja (g/L), X_2= Água de maceração de milho (g/L), X_3= Água parboilizada de arroz (g/L). Variáveis independentes fixas: 180 rpm, 30°C, 120 h e $pH_{inicial}$= 5,5.

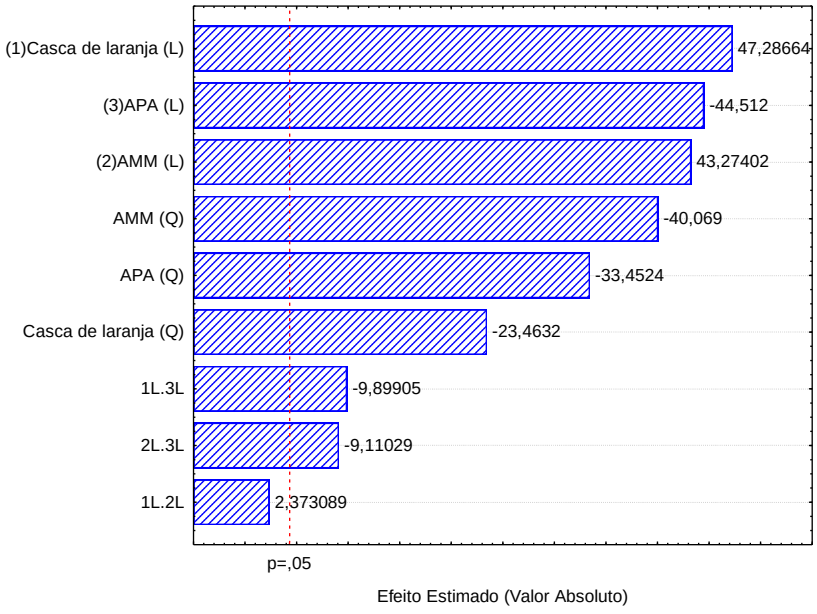


Figura 2. Curva de contorno em função da concentração (a) água de maceração de milho e casca de laranja, (b) água parboilizada de arroz e casca de laranja e (c) água parboilizada de arroz e água de maceração de milho

$$PT=32,7 + 7,59.X_1 – 4,15.\ X_1^2 + 6,94.X_2 – 7,08.\ X_2^2 - 7,14.X_3 – 5,91.\ X_3^2 – 2,07.X_1.\ X_3 - 2,07.X_2.\ X_3 \quad \textbf{(1)}$$

Onde PT = Pectinase total, X_1 = casca de laranja, X_2 = Água de maceração de milho, X_3 = Água de parboilização de arroz.

O modelo foi validado pela análise de variância (Tab. 2) e apresentou um coeficiente de correlação de 0,88 e o F calculado 1,3 vezes maior que o valor tabelado, o qual permitiu a validação do modelo e a construção das curvas de contorno apresentadas na Figura 2.

Tabela 2. Análise de variância para a bioprodução de pectinase total do planejamento fatorial 2^3.

Fontes de variação	*Graus de Liberdade*	*Soma dos Quadrados*	*Quadrados médios*	*F Calculado*
Regressão	742	8	92,73	4,29
Resíduo	173	8	21,62	
Falta de Ajuste	172,7917	6		
Erro Puro	0,176	2		
Total	914,814	16		

Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $F_{tab,95\%}$= 3,44.

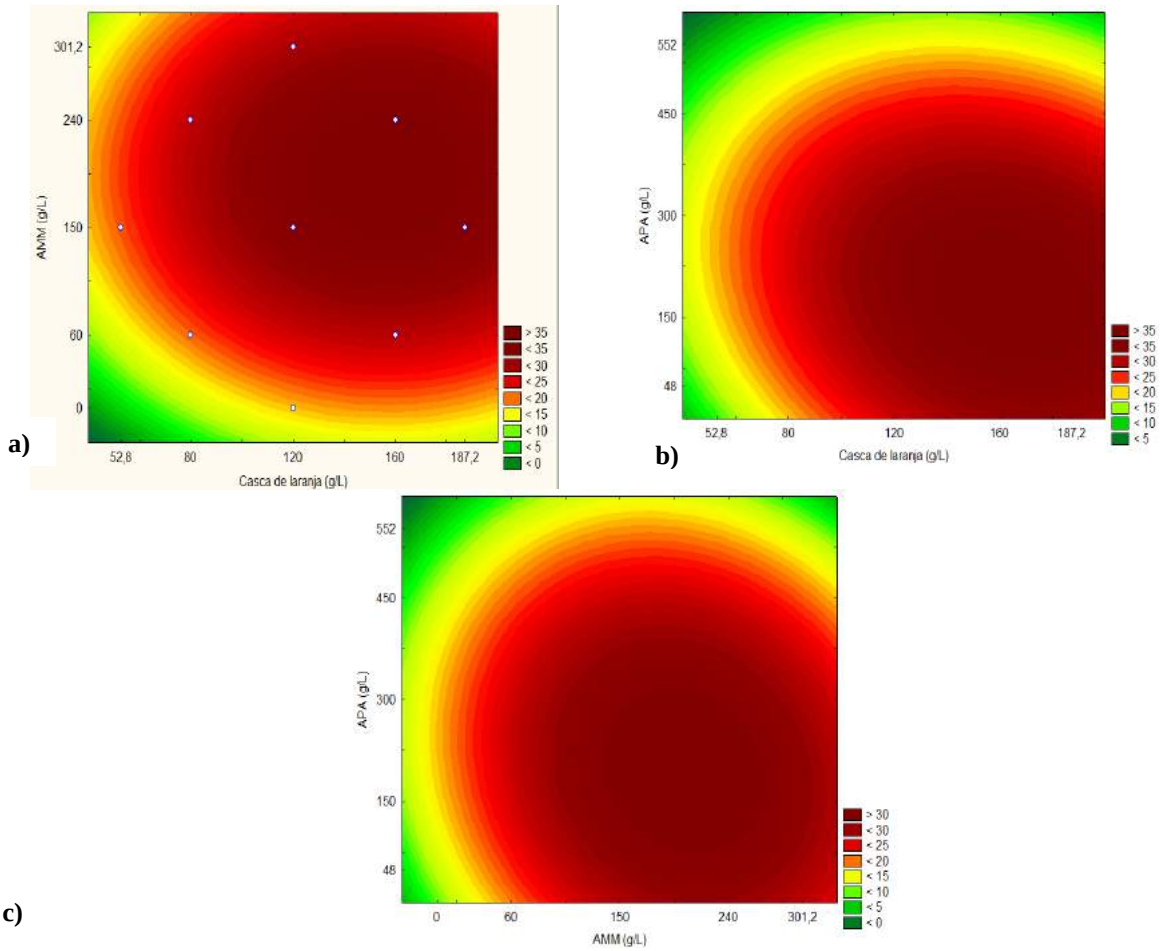


Figura 2. Curva de contorno em função da concentração (a) água de maceração de milho e casca de laranja, (b) água parboilizada de arroz e casca de laranja e (c) água parboilizada de arroz e água de maceração de milho.

A Figura 2 mostra a máxima produção de pectinase total (37,07 U/mL), encontra-se na região próxima a concentração de 187 g/L de casca de laranja, 150 g/L de água de maceração de milho e 300 g/L de água parboilizada de arroz, caracterizando a maximização da bioprodução.

Catharina (2013) avaliou diferentes concentrações das fontes de carbono (farelo de trigo, glicose e pectina), de fonte de nitrogênio inorgânico (sulfato de amônio) e de indutor (pectina) para a produção de pectinase total por *Aspergillus oryzae* IPT-301 em frascos agitados. A máxima atividade pectinolítica (13,5 U/mL) foi com o meio de bioprodução contendo 80 g/L de farelo de trigo e 3 g/L de sulfato de amônia.

4. CONCLUSÃO

Através do processo de otimização se obteve a máxima bioprodução de pectinases totais de 37,1 U/mL, usando como meio de cultura resíduos agroindustriais, tornando-se uma alternativa para o aproveitamento dos mesmos, sendo estes fontes de carbono, nitrogênio e outros nutrientes e abundantes no Brasil.

5. AGRADECIMENTOS

À URI, FAPERGS e CAPES pelo apoio financeiro e bolsas de estudos disponibilizadas.

6. REFERÊNCIAS

Almeida, C., Brányik, T., Moradas-Ferreira, P. e Teixeira, J., 2005. "Use of two different carriers in a packed bed reactor for endopolygalacturonase production by a yeast strain". *Process Biochemistry*, Vol. 40, n. 5, p. 1937-1942.

Ayers, W.A., Papavizas, G.C. e Diem, A.F., 1966. "Polygalacturonate trans-eliminase and polygalacturonase production by Rhizoctonia solani". *Phytopatology*, Vol.56, p.1006-1011.

Blandino, A., Iqbalsyah, T., Pandiella, S.S., Cantero, D. e Webb, C., 2002. "Polygalacturonase production by Aspergillus awamori on wheat in solid-state fermentation". *Applied Microbiology Biotechnology*, Vol. 58, p. 164–169.

Bradford, M.M., 1976. "A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram of protein utilizing the principle of protein-drye binding". *Analytical Biochemistry*, Vol. 72, p. 248-254.

Bravo, C.E.C., Carvalho, E.P., Schwan, R.F., Gómez, R.J.H.C. e Pilon, L., 2000, "Determinação de condições ideais para produção de poligalacturonase por Kluyveromyces marxianus". *Ciência e Agrotecnologia*, Vol. 24, p. 137-152.

Catharina, L.M.S., 2013. *Avaliação da produção de pectinases por Aspergillus oryzae IPT-301 em processo submerso*. Dissertação – em Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul.

Da Silva, E.G., Borges, M.F., Medina, C., Picolli, R.H. e Schwan, R.F., 2005. "Pectinolytic enzymes secreted by yeasts from tropical fruits". *FEMS Yeast Research*, Vol. 5, n. 9, p. 859-865.

Dewan, S.S., 2014. "Enzymes in the fruit juice industry". In: Global markets for enzymes in industrial application – BIO030H. BBC Research. <http://www.bccresearch.com/market-research/biotechnology/enzymes-industrial-applications-bio030h.html>. Acessado em 01 de fevereiro de 2016.

Fontana, R.C., Polidoro, T.A. e Silveira, M.M., 2009. "Comparision of stirred tank and airlift bioreactors in the production of polygalacturonases by Aspergillus oryzae". *Bioresource Technology*, Vol. 100, p. 4493-4498.

Gomes, J., Danielli, A.J., Zeni, J., Santin, M., Cansian, R.L., Toniazzo, G. e Valduga, E., 2015. "Utilization of Orange Peel, Corn Steep Liquor, and Parboiled Rice Water in the Production of Polygalacturonase from *Aspergillus niger*". *Industrial Biotechnology (New Rochelle)*, Vol. 11, p. 284-291.

Gummadi, S.N. e Panda, T., 2003. "Purification and biochemical properties of microbial pectinases: a review". *Process Biochemistry*, Vol. 38, p. 987-996.

Hiss, H., 2001. "Cinética de processos fermentativos". In: Schmidell, W., Lima, U.E., Aquarone, E. e Borzani, W. "Biotecnologia industrial: Engenharia bioquímica". Vol. 2. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, p.93-122.

Hultin, H. O., Sun, B. e Bulger, J., 1966. "Pectin methyl esterase of the banana. Purification and properties". *Journal of Food Science*, Vol. 31, n. 3, p. 320-327.

Kant, S., Vohra A. e Gupta, R., 2013. "Purification and physicochemical properties of polygalacturonase from *Aspergillus niger* MTCC 3323". *Protein Expression and Purification*, Vol. 87 p. 11–16.

Kaur, G., Kumar, S. e Satyanarayana, T., 2004. "Production, characterization and application of a thermostable polygalacturonase of a thermophilic mould *Sporotrichum thermophile* Apinis". *Bioresource Technology*, Vol. 94, p. 239–243.

Li, C., Adamcik, J. e Mezzenga, R., 2012. "Biodegradable nanocomposites of amyloid fibrils and graphene with shape-memory and enzyme-sensing properties". *Nature Nanotechnology*, Vol. 7, n. 7, p. 421-427.

Lima, Á.S., Alegre, R.M., Meirelles, A.J.A., 2005. "Partitioning of pectinolytic enzymes in polyethylene glycol/potassium phosphate aqueous two-phase systems". *Carbohydrate Polymers*, Vol. 50, p. 63-68.

Maiorano, A.E., 1990. *Produção de pectinase por fermentação em estado sólido*. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

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

Malvessi, E. e Silveira, M.M., 2004. "Influence of medium composition and pH on the production of polygalacturonases by Aspergillus oryzae". *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol. 47, p. 693-702.

Zeni, J., Gomes, J., Ambroszini, E., Basso, A.P., Toniazzo, G. e Valduga, E., 2014. "Experimental Design Applied to the Optimization and Partial Characterization of Pectin Liase from a Newly Isolated *Penicillium brasilianum*". *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol. 57, p. 908-915.

7. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

FUNCIONALIZAÇÃO ÁCIDA DE NANOTUBOS DE CARBONO DE PAREDES MÚLTIPLAS E CARACTERIZAÇÃO POR UV-VIS E DRX

Luana Gayeski
Janine Martinazzo
Alexandra Nava Brezolin
Alana Marie de Cezaro
Aline Andressa Rigo
Daniela Kunkel Muenchen
Alexandra Manzoli
Ari Luiz Nava
Clarice Steffens
Juliana Steffens
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
luanagayeski13@gmail.com, janinemartinazzo@yahoo.com.br, alexandra.nava@gmail.com, alana.cezaro@gmail.com, aline.andressa@hotmail.com, danimuenchen@yahoo.com.br, alexxiamanzoli@gmail.com, nari@uricer.edu.br, clarices@uricer.edu.br, julisteffens@uricer.edu.br

Maria Carolina Blassioli-Moraes
Laboratório de Semioquímicos Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia Parque Estação Biológica Final W5 Norte70.770-917 - Brasília – DF
carolina.blassioli@embrapa.br

Resumo. *O objetivo do estudo foi realizar a funcionalização ácida de Nanotubos de Carbono de Paredes Múltiplas (NCPM), visando melhorar sua dispersibilidade em meio aquoso e caracterizá-los por meio das técnicas de espectroscopia no ultravioleta-visível (UV-Vis) e difratometria de raios X (DRX). Para tanto, os NCPM passaram por uma oxidação ácida (H_2SO_4 e HNO_3) até a obtenção de um pó negro que foi armazenado em frasco âmbar. Os NCPM carboxilados foram caracterizados por UV-Vis (200-1000 nm) onde se observou bandas de absorção em 220 nm e 300 nm, característicos de grupos carboxílicos inseridos na superfície dos NCPM e por DRX, onde se observou um pico característico em 26,5º atribuído também a NCPM carboxilados. Os resultados demostram que os NCPM foram carboxilados, facilitando a miscibilidade e processabilidade dos mesmos e, permitindo assim, sua utilização como camada ativa sensores.*

Palavras-chave: *NCPM, UV-Vis, DRX, Carboxilação.*

1. INTRODUÇÃO

O carbono está entre os elementos mais importantes da natureza, é a base da química orgânica e fundamental para uma série de importantes estruturas biológicas. Além das duas formas cristalinas de carbono elementar: diamante e grafite, em 1985, pesquisadores demonstraram a existência dos fulerenos (Kroto, 1985; Dilonardo, *et al*., 2017) e em 1991, Sumio Iijima demonstrou a existência dos nanotubos de carbono (NTC), um dos primeiros produtos industriais da nanotecnologia (Iijima, 1991).

Vários estudos têm demonstrado que os NTC têm grandes potencialidades, podendo ser utilizados em dispositivos eletrônicos, sensores, adsorventes moleculares, bem como em produtos químicos e biológicos. Muitos estudos também estão sendo realizados na área biológica, em engenharia biomédica, neuroengenharia, terapia gênica e vetorização de fármacos (Tang, *et al*., 2017).

Do ponto de vista estrutural, há dois tipos de NTC: os nanotubos de carbono de parede simples (NCPS), reportados pela primeira vez em 1993 (Iijima e Ichihashi, 1993) que podem ser considerados como uma única folha de grafeno enrolada sobre si mesma para formar um tubo cilíndrico, e os nanotubos de carbono de paredes múltiplas (NCPM) que compreendem vários nanotubos concêntricos (Iijima, 1991).

Apesar das suas excelentes propriedades, uma característica apresentada por estes materiais derivados de carbono é a dificuldade de serem obtidos em uma forma fácil de ser aplicada. NTC são materiais que apresentam dificuldades de

processamento, dificultando a formação de filmes ou a obtenção de soluções. Diversos trabalhos têm sido realizados buscando soluções para um processamento simples que possa facilitar sua aplicação e uma alternativa que vem sendo proposta é a incorporação de grupos funcionais (como ácidos carboxílicos) na superfície dos NCPM.

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a funcionalização ácida dos NCPM e caracterizá-los por Uv-Vis e DRX.

2. METODOLOGIA

Os NCPM (Nanoamor®) com 95% de pureza, diâmetro interno de 5-10 nm, diâmetro externo de 60-100 nm e comprimento de 5-15 µm, foram gentilmente cedidos pelo professor Sérgio Mortari do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), os quais foram submetidos a um tratamento ácido com o objetivo de melhorar sua miscibilidade e processabilidade (Souza Filho e Fagan, 2007).

Para a oxidação ácida, foram adicionados 20 mg de NCPM a uma mistura de ácido sulfúrico (H_2SO_4) (Merck 95%) e nítrico (HNO_3) (Química Moderna 65%) na proporção 3:1 (v/v) e mantidos em ultrassom (Unique modelo USC-1800) em temperatura de 70ºC por 24 h (Wu e Lin, 2006).

Após o tratamento ácido, os NCPM_COOH (Nanotubos de Carbono de Paredes Múltiplas Carboxilados) foram lavados por cinco vezes com água ultrapura, seguidas de centrifugação (5 min, 5000 rpm em centrifuga MPW-351R) até a solução sobrenadante se apresentar levemente ácida com pH próximo a 6,0. Após, o sobrenadante foi retirado e a solução remanescente seca em estufa a 90ºC por 2 h, resultando em um pó negro. O pó obtido foi armazenado em frasco âmbar para proteção da luz e da degradação da ação do oxigênio.

Foram preparadas dispersões de NCPM com concentração de 0,1 mg. mL^{-1}, dissolvidas em água ultrapura com pH ajustado em torno de 3,0 (utilizando HCl 0,1 mol. L^{-1}) e, mantidas em ultrassom (Unique modelo USC-1800) por 3 h (Silva, *et al*., 2014).

A solução de NCPM_COOH foi avaliada por UV-Vis, realizando uma varredura de 200-1000 nm utilizando um espectrofotômetro de UV-Vis da Agilent, modelo 8453E (Manzoli, *et al*., 2014; Ram, *et al*., 1999). Os espectros de absorção no UV-Vis são importantes para avaliar a carboxilação dos NCPM.

A análise de DRX foi realizada com o pó dos NCPM e conduzida em um difratômetro convencional (Rigaku-Mini flex II), operando na geometria convencional 2 theta, sendo que o ângulo da análise se estendeu entre 1,35 a 90 graus, com as seguintes condições de análise: velocidade de varredura: 2.50, passo: 0.05; detector de cobre: 1,54 nm e voltagem do detector: 30 mA. A difratometria de raios X (DRX) é uma técnica muito importante para caracterização estrutural dos materiais cristalinos, uma vez que fornece informações importantes a respeito da estrutura de cada material.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é mostrada a espectroscopia de UV-Vis da dispersão de NCPM_COOH, onde se verifica que os elétrons π presentes no orbital molecular dos átomos de carbono dos NCPM participam da formação da nova ligação com as carboxilas. Esses picos observados (220 e 300 nm) através de UV-Vis, para NCPM carboxilados, indicam a transição π para π * de um par de elétrons ligantes da ligação -C=O dos grupos carboxílicos (-COOH) inseridos nas superfícies dos nanotubos (Lu, *et al*., 2014; Yadav, *et al*., 2016).

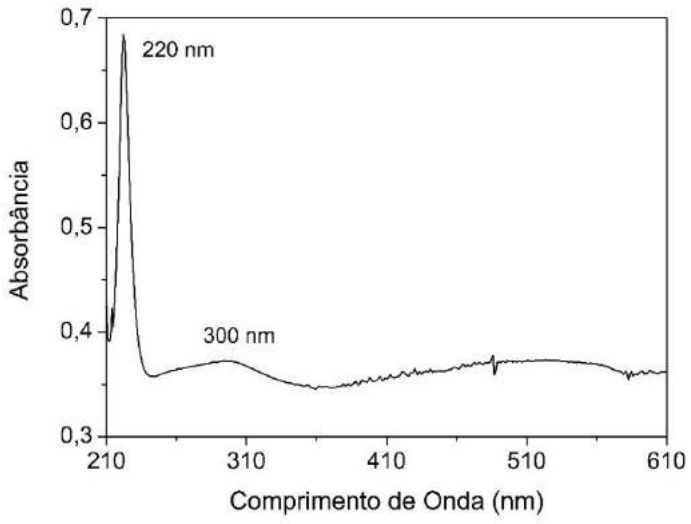


Figura 1. Espectro de UV-Vis da dispersão em meio aquoso dos NCPM

Este pico de absorção já foi observado por Jiang, *et al*., (2003) para NCPM purificados com tratamento ácido, revelando que a funcionalização química com grupos carboxílicos dos NCPM foi realizada com sucesso.

Também foi realizado o DRX dos NCPM para avaliar a cristalinidade desse material, ilustrado na Figura 2. Observa-se um pico em 26,5º atribuído ao plano dos NTC, correspondendo à distância entre as folhas concêntricas de grafeno nos NCPM (Maniwa, *et al*., 2007).

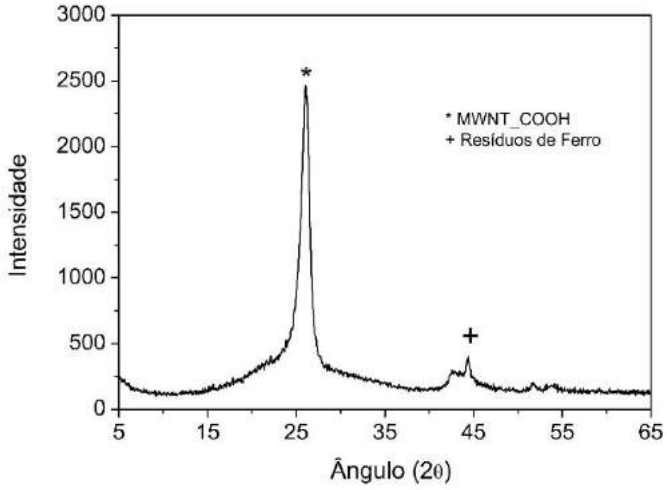


Figura 2. Difratograma de raios X dos NCPM após funcionalização ácida

Observa-se também um pequeno pico em torno de 45º que pode estar relacionado a presença de alguns resíduos metálicos, oriundos da fabricação, como o ferro. A Figura 3 mostra uma comparação entre as dispersões dos NCPM antes e após a funcionalização ácida.

Figura 3. Comparação entre misturas aquosas (pH 3,0) dos NCPM antes (a) e depois da funcionalização ácida (b)

Pode-se observar que antes da funcionalização (Fig. 3a), a dispersão dos NTCM apresenta vários aglomerados relacionados à sua insolubilidade em meio aquoso e as forças de Van der Waals envolvidas no sistema que tornam difícil a dispersão, e esta se mostra como principal desvantagem intrínseca desses materiais, dificultando sua utilização em diversas aplicações (Geckeler e Premkumar, 2011; Sahoo, *et al*., 2010).

Existem várias abordagens para melhorar a dispersão dos NTC em diferentes solventes, incluindo a água. Uma alternativa é a' realização de uma funcionalização ácida, como foi realizado nesse experimento, e pode ser observado na Figura 3b. Os NCPM não apresentaram os aglomerados, formando uma dispersão mais homogênea, fato que se relaciona a geração de grupos funcionais (COOH) nas paredes dos NTC, o que favorece a dispersão em meio aquoso pela criação de ligações de hidrogênio. Dentre as várias formas de funcionalização, para o desenvolvimento de sensores, recomendasse a utilização de moléculas como ácido carboxílico (Tu, *et al*., 2009).

4. CONCLUSÃO

A carboxilação dos NCPM é fundamental para melhora da miscibilidade, facilitando assim, sua aplicação em diferentes áreas, como para camada ativa de sensores, e as análises de caracterização (UV-Vis e DRX), demostraram que a técnica utilizada foi eficiente, resultando na introdução de grupos carboxílicos nos NTC e facilitando sua dispersão em meio aquoso.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes, Fapergs, Finep e ao CNPq pelo auxilio financeiro; Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e UNIFRA pelo material disponibilizado e URI - Erechim pela realização da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

Dilonardo, E.; Penza, M.; Alvisi, M.; Rossi, R.; Cassano, G.; Franco, C.; Palmisano, F.; Torsi, L. e Cioffi, N., 2017. "Gas sensing properties of MWCNT layers electrochemically decorated with Au and Pd nanoparticles". *Journal of Nanotechnology*, Vol. 8, n. 2, p. 592-603.

Iijima, S., 1991. "Helical microtubules of graphitic carbon". *Nature*, Vol. 354, p. 56-59.

Iijima, S. e Ichihashi, T., 1993. "Single schell carbon nanotubes of 1 nm diameter". *Nature*, Vol. 358, p. 603-605.

Jiang, Y.; Lee, A.; Ruta, V.; Cadene, M.; Chait, B. T.; MacKinonn, R., 2003. "X-ray structure of a voltage dependent K channel". *Nature*, Vol. 1, n. 423, p.33-41.

Kroto, H.W., 1985. "C60 Buckminsterfullerene". *Nature*, Vol. 318, n. 6042, p. 162-163.

Maniwa, Y.; Matsuda, K.; Kyakuno, H.; Ogasawara, S.; Hibi, T.; Kadowaki, H.; Suzuki, S.; Achiba, Y. e Kataura, H., 2007. "Water-filled single-wall carbon nanotubes as molecular nanovalves". *Nature Materials*, Vol. 6, p. 135-141.

Manzoli, A.; Shimizu, F.M.; Mercante, L.A.; Paris, E.C.; Oliveira Jr, O.N.; Correa, D.S. e Mattoso, L.H., 2014. "Layer-by-layer fabrication of AgCl–PANI hybrid nanocomposite films for electronic tongues". *Physical Chemistry Chemical Physics*, Vol. 16, n. 44, p. 24275-24281.

Ram, M.K.; Salerno, M.; Adami, M.; Faraci, P. e Nicolini, C., 1999. "Physical Properties of Polyaniline Films : Assembled by the Layer-by-Layer Technique". *Langmuir*, Vol. 13, n. 13, p. 1252-1259.

Sahoo, N. G.; Rana, S.; Cho, J. W.; Li, L.; Chan, S. H., 2015. "Polymer nanocomposites based on funcionalized carbono nanotubes". *Progress in Polymer Science*, Vol. 35, n. 7, p. 837-867.

Silva, J.S.; Barros, A.; Constantino, C.J.L.; Simões, F.R.; Ferreira, M. e Sorocaba, C.J., 2014. "Layer-by-Layer Films Based on Carbon Nanotubes and Polyaniline for Detecting 2-Chlorophenol". *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, Vol. 14, p. 6586-6592.

Souza Filho, A.G. e Fagan, S.B., 2007. "Funcionalização de Nanotubos de Carbono". *Quimica Nova*, Vol. 30, n. 7, p. 1695-1703.

Tang, R.; Shi, Y.; Hou, Z. e Wei, L., 2017. "Carbon Nanotube-Based Chemiresistive Sensors" *Sensors*, Vol. 17, n. 882, p. 1-16.

Tu, X.; Monahar, S.; Jagota, A.; Zheng, M., 2009. " DNA sequence motifs for structure specific recognition and separation of carbon nanotubes". *Letters*, Vol. 460, n. 9, p. 250-253.

Yadav, S.K.; Mahaoatra, S.S; Yadav, M.K e Dutta, P.K.D., 2016. "Mechanically robust biocomposite films of chitosan grafted carbon nanotubes via [2+1] cycloaddition of nitrene". *RSC Advances*, 10.1039/C3RA41990H.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PARÂMETROS CINÉTICOS DAS ENZIMAS XILANASE, AVICELASE, CMCASE E FPASE OBTIDAS POR UM NOVO ISOLADO DE *Penicillium* SP.

Ludmila Noskoski Salazar
Universidade de Cruz Alta, Rod. Municipal Jacob Della Méa, km 5.6 - Parada Benito, Cruz Alta-RS, 98005-972.
ludmilanoskoski@hotmail.com

Tailan Antônio Ogimbovski
Silvério Fortunato
Geciane Toniazzo Backes
Rogério Luis Cansian
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. sete de setembro, 1621, Erechim-RS, 99709-910.
tailanogimbovski@gmail.com
sfortunato@uricer.edu.br
gtoniazzo@uricer.edu.br
cansian@uricer.edu.br

Eloane Malvessi
Universidade de Caxias do Sul. Avenida Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul, RS, Brasil.
emalvess@ucs.br

Ivana Correa Ramos Leal
Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ-Faculdade de Farmácia- Ilha do Fundão, CEP – 21941-902, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Resumo. *As celulases podem ser utilizadas na bioconversão da fração de celulose de resíduos agro-industriais em açúcares fermentáveis, visando a obtenção de combustíveis renováveis e produtos químicos. Portanto, o conhecimento das cinéticas de hidrólise e as respostas dessa enzima frente a diferentes substratos e produtos pode definir a eficiência de hidrólise e do processo biotecnológico no qual poderia ser incorporada. O objetivo do trabalho foi avaliar os parâmetros cinéticos das enzimas FPase, CMCase, xilanase e avicelase de uma nova cepa de Penicillium sp. a partir de resultados prévios de cinética e estabilidade térmica destas enzimas. A avicelase mostrou-se mais estável à desativação térmica em relação as demais enzimas, obtendo-se tempos de t1/2 na faixa de 173,29 a 63,01 h e valores de D de 575,65 a 209,33 h em temperaturas de 25 a 50°C. A xilanase, CMCase e FPase mostraram estabilidade somente até 40°C, e todas apresentaram forte desativação térmica em temperaturas mais elevadas. Os valores de Ed da xilanase, CMCase e FPase (89,1; 78,0 e 89,3 kJ mol^{-1}, respectivamente) foram ligeiramente menores que da avicelase (96.7 kJ mol^{-1}), corroborando a maior termoestabilidade da avicelase.*

Palavras-chave: *Enzima, Parâmetros cinéticos, Estabilidade térmica, Celulases.*

1. INTRODUÇÃO

A celulose é o biopolímero mais abundante no mundo e pode ser hidrolisada pela enzima celulase. Sua produção está em terceiro lugar dentre as enzimas industriais comercializadas (Castro et al., 2010). Essas enzimas são resultado da ação de micro-organismos com o substrato que pode ser bagaço de cana ou casca de soja, por exemplo, através do cultivo estado sólido.

Entretanto, estes micro-organismos exigem condições restritas de meio de cultura, necessitando de rígido controle do tempo de fermentação, temperatura, pH e das características físico-química do substrato que permitam conduzir o processo fermentativo com a eficiência e produtividade necessárias (Nelson e Cox, 2014). Com isso, há um grande potencial de estudo e aplicação de diferentes resíduos agroindustriais para a produção de enzimas a baixo custo. Paralelamente, diferentes tipos de micro-organismos como bactérias, leveduras e fungos podem ser utilizados com este intuito. O emprego de fungos filamentosos tem sido amplamente investigado em função desses se adaptarem a condições restritivas de meio que apresentam pouca umidade e muitos sólidos presentes e, no que tange o aspecto citológico, os fungos filamentosos desenvolvem hifas favorecendo a colonização do meio de cultura. Além disso, em

função da maturidade tecnológica alcançada nos últimos anos, o emprego de fungos filamentosos tais como *Aspergillus niger*, *Humicola insolens*, *Penicillium funiculosum* e *Trichoderma reesei* (Lynd et al., 2002; Mendes, 2010; Singhania et al., 2010) tem sido proposto em diferentes segmentos científico e biotecnológicos para diferentes finalidades, incluindo a produção de enzimas.

Dentre as enzimas obtidas, as celulases são particularmente interessantes, pois podem ser empregadas em diferentes setores industriais tais como: indústria alimentícia (processos de maceração, em conjunto com hemicelulases e pectinases); industrias têxtil (remoção do excesso de corantes em tecidos jeans); indústria de papel e celulose (refino da mesma); indústria química entre outras de química fina e materiais (Castro e Pereira, 2010). Com isso, o emprego do cultivo estado sólido representa uma tecnologia alternativa para a utilização destes resíduos agroindustriais, permitindo reduzir passivos ambientais, agregando valor ao resíduo que seria descartado, podendo contribuir na diversificação do agronegócio e indústria química nacional.

A estabilidade de uma enzima pode ser afetada pelas condições do meio, dentre elas a temperatura e pH. Altas temperaturas podem levar a desnaturação da enzima e acarretará na inativação da mesma, e com isso a não obtenção dos resultados desejados com seu uso. O mesmo acontece quando as temperaturas são muito baixas. Outro fator a ser cuidado é a velocidade de reação, pois com uma determinada temperatura, a velocidade pode diminuir bruscamente. Para cada tipo de enzima existe uma temperatura ideal, onde a velocidade da reação é máxima, permitindo um maior numero possível de colisões moleculares sem desnaturá-la (Nelson e Cox, 2014).

Devido às condições de processamento na indústria, como elevadas temperaturas e valores de pH extremos, as enzimas podem se tornar instáveis e totalmente inativas durante o processo, assim é importante conhecer certas características das enzimas para avaliar qual melhor faixa de operação (Souza, 2008).

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os parâmetros cinéticos das enzimas celulase total em papel filtro (FPase), carboximetilcelulase (CMCase), xilanase e avicelase (exo-glucanase) de uma nova cepa de *Penicillium* sp.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O tempo de meia vida ($t_{1/2}$), constante cinética de desnaturação térmica (K_d) e valor D foi determinado com temperaturas de 25, 40, 50, 60 e 70 ºC. A influência da temperatura sobre a constante de velocidade de inativação enzimática (K_d) obedece a lei de Arrhenius (Eq. 1), e sua linearização (Eq. 2), onde os parâmetros E_d e A foram estimados da inclinação e o coeficiente angular da reta, onde A é a constante pré-exponencial de Arrhenius, E_d é a energia de ativação da desnaturação enzimática, R é a constante universal dos gases ($8{,}314 \times 10^{-3}$ kJ $mol^{-1}K^{-1}$) e T é a temperatura absoluta (K).

$$K_d = Ae^{\frac{E_d}{RT}} \quad (1)$$

$$ln(K_d) = ln(A) - \frac{E_d}{RT} \quad (2)$$

O tempo de meia vida ($t_{1/2}$) (Eq. 3) e o valor de redução decimal (D) (Eq. 4) corresponde aos tempos necessários para obter uma redução de 50% na atividade inicial em uma dada temperatura e para reduzir a velocidade de reação até 10 % do valor inicial.

$$t_{1/2} = \frac{Ln(2)}{K_d} \quad (3)$$

$$D = \frac{Ln\,(10)}{K_d} \quad (4)$$

O valor Z, especificado como a variação da temperatura requerida para que o valor D sofra uma redução de um ciclo logarítmico, foi estimado pelo inverso do coeficiente angular da reta no gráfico de log (D) versus temperatura (°C).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo de meia vida ($t_{1/2}$), constante cinética de desnaturação térmica (Kd), valor D Ed e valor Z para as temperaturas de 25, 40, 50, 60 e 70 ºC das diferentes enzimas é apresentado na Tabela 1.

O aumento da temperatura afeta o processo de desativação térmica das enzimas avaliadas com velocidades de inativação (Kd) semelhantes entre as enzimas estudadas, nas diferentes temperaturas avaliadas. Os tempos de meia vida

($t_{1/2}$) e de redução decimal (D) de um biocatalisador correspondem a valores numericamente iguais ao tempo necessário para atingir uma diminuição de 50 % e 10 % da sua atividade enzimática inicial, respectivamente.

A avicelase mostrou-se mais estável à desativação térmica em relação as demais enzimas, obtendo-se tempos de t1/2 na faixa de 173,29 a 63,01 h e valores de D de 575,65 a 209,33 h em temperaturas de 25 a 50°C. A xilanase, CMCase e FPase mostraram estabilidade somente até 40°C, e todas apresentaram forte desativação térmica em temperaturas mais elevadas. Valores altos desses parâmetros são desejáveis durante as operações industriais, pois garantem que a enzima é mais resistente à desativação ocasionada pelo efeito da temperatura (Heidtmann et al., 2012).

Os valores de Z de 22,2; 20,4; 25,0 e 22,2 (Tabela 1) indicam que uma mudança nesses intervalos de temperatura geraria uma redução de um ciclo logarítmico na atividade enzimática da xilanase, avicelase, CMCase e FPase, respectivamente.

Driss et al. (2014) utilizaram o fungo *Penicillium occitanis* na produção de enzima xilanase, obtendo tempo de meia vida de 729,6; 420 e 115,5 h e 0,00095, 0,00165 e 0,00600 para constante cinética de desnaturação térmica (Kd) nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. Esses valores foram superiores aos encontrados no presente trabalho. Calsavara et al. (2000) utilizando *A. niger* em substrato de celobiose obtiveram valores de Kd e $t_{1/2}$ de 0.0492 e 4.1678; 14.1 e 0.17, para 60 e 70°C respectivamente. Não foram encontrados na literatura dados referentes a energia de desativação e o valor de Z de avicelase produzida por *Penicillium* sp.

Tabela 1 – Valores experimentais de Kd, t1/2, valor D , Ed e valor Z para xilanase, avicelase, CMCase e FPase em função da temperatura.

Temperatura (ºC)	**K_d (min^{-1})**	**$t_{1/2}$ (h)**	**Valor D**	**Ed (KJ/mol/T°K)**	**Valor Z (ºC)**
		Xilanase			
25	0,005	138,629	460,517		
40	0,005	138,629	460,517		
50	0,138	5,0228	16,685	89,1	22,2
60	0,209	3,3165	11,017		
70	0,267	2,5961	8,624		
		Avicelase			
25	0,004	173,286	575,646		
40	0,006	115,524	383,764		
50	0,011	63,013	209,326	96,7	20,4
60	0,279	2,484	8,253		
70	0,381	1,819	6,044		
		CMCase			
25	0,006	115,5245	383,7642		
40	0,007	100,4561	333,708		
50	0,094	7,373906	24,49559	78,0	25,0
60	0,110	6,301338	20,93259		
70	0,257	2,697071	8,959475		
		FPase			
25	0,004	173,2868	575,6463		
40	0,005	154,0327	511,6856		
50	0,132	5,251115	17,44383	89,3	22,2
60	0,173	4,006631	13,30974		
70	0,210	3,300701	10,96469		

Nos processos enzimáticos além dos estudos de desativação térmica, a determinação dos parâmetros termodinâmicos, também é necessária para elucidar o comportamento das moléculas frente à inativação enzimática em diferentes condições fisiológicas, assim como o efeito da temperatura na taxa de desativação enzimática (HEIDTMANN et al., 2012). A linearização de Arrhenius foi empregada para representar a variação da atividade enzimática em função das constantes cinéticas de desnaturação enzimáticas (Kd) a diferentes temperaturas (1/T) (Figura 1).

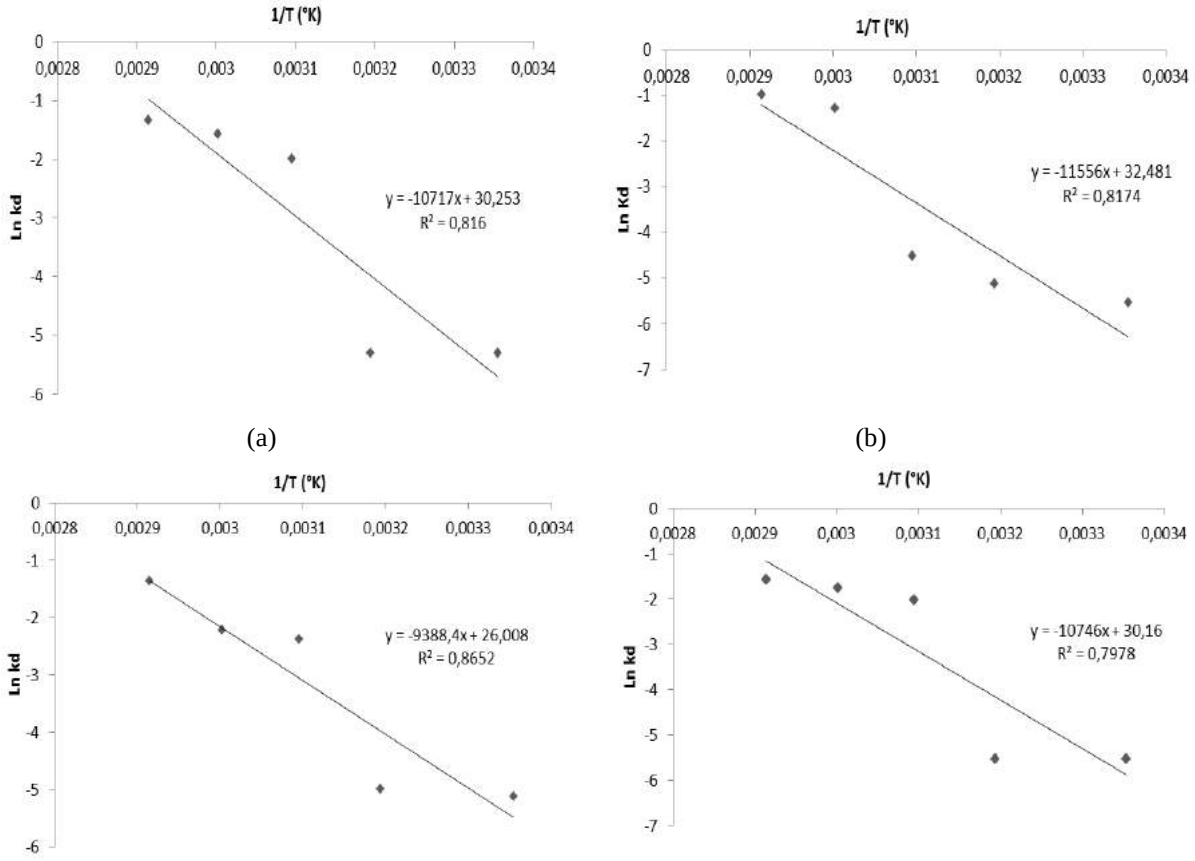


Figura 1 – Determinação da energia de desativação baseada na linearização da equação de Arrhenius para uma faixa de temperatura de 25 a 70ºC para xilanase (a), avicelase (b), CMCase (c) e FPase (d).

Os valores de Ed da xilanase, CMCase e FPase (89,1; 78,0 e 89,3 kJ mol^{-1}, respectivamente) foram ligeiramente menores que da avicelase (96.7 kJ mol^{-1}), corroborando a maior termoestabilidade da avicelase. Diferentes autores têm encontrado valores variáveis de Ed de celulases de extratos enzimáticos de diferentes isolados. Em um estudo desenvolvido por Driss et al. (2014) com *P. occitanis* imobilizado para aumentar a digestibilidade na ração de frangos o valor encontrado para Ed da xilanase imobilizada foi de 83,02 KJ/mol. No estudo realizado por Balsan et al. (2012) o valor encontrado para a Ed foi de 177.6 KJ/mol produzida pela enzima celulase a partir do fungo *T. reesei* (NS 50013) em meios de cultivos lignocelulolíticos. Calsavara et al. (2000) utilizando *A. niger* em substrato de celobiose obtiveram valores para energia de desativação térmica de 80,6 Kcal/mol em enzima livre.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERGS e URI pelo apoio financeiro.

5. REFERÊNCIAS

Balsan, G.; Astolfi, V.; Benazzi, T.; Meireles, M.A.; Maugeri, F.; Di Luccio, M.; Dal Pra, V.; Mossi, A.J.; Treichel, H.; Mazutti, M.A., 2012. Characterization of a commercial cellulase for hydrolysis of agroindustrial substrates. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, v. 35, p. 1229–1237.

Calsavara, L.P.V; Moraes, F.F; Zanin, G.M., 2000. Thermal Stability and Energy of Deactivation of Free and Immobilized Cellobiase. *Brazilian Journal Chemical Engineering*, v.17, p.4-7.

Castro, A.M. de., Pereira, N. Jr., 2010. Produção, Propriedades e Aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. *Química Nova*, v. 33, p. 181-188.

Driss, D.; Driss, Z.; Chaaril, F.; Chaabouni, S.E., 2014. Immobilization of His-tagged recombinant xylanase from *Penicillium occitanis* on Nickel-chelate Eupergit C for increasing digestibility of poultry feed. *Bioengineered*, 5:4, 274–279.

Lynd, L. R.; Weimer, P. J.; Van Zyl, W. H.; Pretorius, I. S., 2002. Microbial celluloseutilization: fundamentals and biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, v. 66, p. 506-577.

Mendes, F. M., 2010. Digestibilidade enzimática do bagaço de cana-de-açúcar tratado quimiomecanicamente. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial na Área de Microbiologia Aplicada) Universidade de São Paulo, 99 p., 2010.

Nelson, D.L.; Cox, M.M., 2014. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 6 ed. Porto Alegre: Artmed.

Singhania, R. R.; Sukumaran, R. K.; Patel, A. K.; Laroche, C.; Pandey, A., 2010. Advancement and comparative profiles in the production technologies usingsolid-state and submerged fermentation for microbial cellulases. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 46, p. 541-549.

Souza R. L. A., 2008. Produção de pectinases por fermentação semi-sólida utilizando resíduo do maracujá como substrato, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande.

6. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

INFLUÊNCIA DE CONDIÇÕES INADEQUADAS DE REFRIGERAÇÃO NO CRESCIMENTO DE *Salmonella choleraesuis*

Marina Andreia de Souza
Bruno Fischer
Renan Daniel Krabbe
Natalia Paroul
Geciane Toniazzo Backes
Rogério Luis Cansian

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim. Avenida Sete de Setembro, n°1621, Fátima, Erechim – RS.
mariina.2010@hotmail.com
bruno.fischer.com@hotmail.com
renan_krabbe@outlook.com
nparoul@uricer.edu.br
gtoniazzo@uricer.edu.br
cansian@uricer.edu.br

Caroline Fátima Casanova
Cooperativa Central Oeste Catarinense - Aurora. Av. José Oscar Salazar, Três Vendas, 99700-000 - Erechim, RS - Brasil
carolinecasanova@hotmail.com

Resumo: *A cadeia do frio além de manter o produto, prolonga o seu período de comercialização, mas se faz necessário a verificação do seu uso, quanto à temperatura ideal de conservação para cada tipo de alimento. Condições inadequadas de armazenamento em relação à temperatura permitem que ocorra a proliferação de micro-organismos por muitas vezes patogênicos, causando prejuízos na saúde do consumidor. A* Salmonella *está presente no trato intestinal dos seres humanos e animais, sua maior parte em aves, tornando-se um risco de contaminação. Algumas cepas de* Salmonella *são capazes de produzir enterotoxinas, que são os agentes causadores das intoxicações alimentares. A conservação por refrigeração consiste em reduzir a temperatura do alimento para valores entre -1 e 8°C. Tendo em vista a segurança alimentar e a negligência de alguns estabelecimentos quanto à falta de controle das temperaturas de expositores de alimentos refrigerados, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento de* Salmonella *previamente refrigerada e posteriormente exposta a três condições de temperatura ambiente (15, 20 e 25°C). Houve diferença de comportamento no crescimento de* Salmonella *na temperatura de 25°C em relação a 15 e 20°C, sendo que na condição de 25°C o crescimento ocorreu mais rapidamente com um aumento em aproximadamente 3,8 Log de Unidades Formadoras de Colônias. Já a 20 e 15°C esta variação foi de 1,2 e 1,4 Log UFC, mostrando a importância do controle de temperatura dos alimentos.*

Palavras chave: Salmonella, *Refrigeração, Conservação de alimentos.*

1. INTRODUCÃO

O crescimento populacional aumentou drasticamente e consequentemente a demanda por alimentos. Crescendo a procura dos consumidores por padrões de qualidade e segurança alimentar. Diversas mudanças nas indústrias foram ocorrendo, os alimentos frequentemente são envolvidos em surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs). Além disso, a segurança da maioria dos alimentos é baseada em muitos fatores, os quais visam à destruição total ou parcial dos micro-organismos capazes de alterar o presente alimento, ou na modificação ou eliminação de um ou mais fatores, denominados fatores intrínsecos e extrínsecos (Senai, 2000; Matsubara, 2005).

A atividade de água, o pH, o potencial de oxirredução (Eh), a composição química, a presença dos fatores antimicrobianos ou naturais e também as interações entre os micro-organismos ou entre compostos químicos dos alimentos são considerados parâmetros intrínsecos. Entre os parâmetros extrínsecos, os mais importantes são a umidade, temperatura ambiente e a composição química da atmosfera que envolvem os alimentos (Franco e Landgraf, 2005; Senai, 2000).

A temperatura é um desses fatores e a refrigeração é um método de conservação de alimentos, com objetivo de reduzir o desenvolvimento microbiano, impedindo seu desenvolvimento de forma a não provocar danos, mantendo a qualidade original e adequada do mesmo (Hoobs e Roberts, 1999; Vieira, 2007; Pinto e Neves, 2010).

O controle térmico de conservação dos alimentos representa um dos critérios de maior importância no controle higiênico-sanitário dos alimentos para prevenir, reduzir ou eliminar os riscos da ocorrência de alguns perigos tratando-se de micro-organismos de produtos e da matéria-prima (Arruda et al., 1996).

Salmonella é uma bactéria Gram-negativa em forma de bastão que pertence à família Enterobacteriaceae. São anaeróbios facultativos, produzem gás a partir de glicose. A maioria é composta de flagelos, estes peritríquios, com exceção de duas, sucessivamente *S. Gallinarum* e *S. Pullorum*, que são imóveis (Franco e Landgraf, 2005).

As células do gênero *Salmonella* ocorrem normalmente nos animais, especialmente em aves e nos suínos, estando presente inclusive nos seres humanos, alimentos e meio ambiente, podendo ser patogênica para humanos e alguns animais (Holt et al., 1994).

As bactérias do gênero *Salmonella* são resistentes ao calor, mas não sobrevivem à temperatura de 55 ºC por 1 hora ou de 60 ºC por 15 à 20 minutos (Gama, 2001). O seu crescimento é retardado por baixas temperaturas (Mapa, 2006). Entretanto, temperaturas logo acima da temperatura mínima de crescimento (10°C) já pode permitir o seu desenvolvimento, ainda que de forma mais lenta que em temperatura ótima (35 - 37°C). Segundo a RDC n°216, de 15 de setembro de 2004 (Brasil, 2004), os equipamentos necessários à exposição ou distribuição de alimentos devem ser devidamente dimensionados e a temperatura deve ser regularmente monitorada. Alimentos preparados devem ter a temperatura reduzida de 60°C para 10°C em até duas horas. Em seguida, o mesmo deve ser conservado refrigerado em temperaturas inferiores a 5°C, ou congelado à -18°C.

Tendo em vista a segurança alimentar e a negligencia de alguns estabelecimentos quanto a falta de controle das temperaturas de expositores de alimentos refrigerados, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimentos de *Salmonella* em duas diferentes condições de temperatura de armazenamento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizada a cepa *Salmonella choleraesuis* (ATCC 10708), previamente crescidas em caldo Luria Bertani - LB (10 $g.L^{-1}$ triptona; 5 $g.L^{-1}$ extrato de levedura; 5 $g.L^{-1}$ NaCl). Para crescimento foi feito o repique em caldo LB e incubado por 24 horas a 37ºC.

Para o preparo do inóculo, após crescimento foi feita a diluição da concentração de células em água peptonada 0,1%, aproximadamente até 10^3 e transferido 1mL da diluição para tubos de ensaio com 9mL de caldo LB. Por fim, para a contagem de células foi realizado plaqueamento em meio Plate Count Agar – PCA (5 $g.L^{-1}$ Digestão enzimática da Caseína; 2,5 $g.L^{-1}$ Extrato de levedura; 1 $g.L^{-1}$ Glicose (Dextrose); 15 $g.L^{-1}$ Ágar). As diluições procederam-se em água peptonada 0,1%.

A simulação da negligência em relação à refrigeração foi feita mantendo-se o inóculo sob refrigeração por 2 horas para aclimatação ao frio e posterior desligamento do refrigerador e manutenção da porta aberta. Após 2 horas, cada inóculo foi submetido a uma diferente temperatura (15, 20 e 25°C) simulando diferentes condições ambientais. A cinética de crescimento em cada condição foi feita por plaqueamento e contagem de amostras retiradas do inóculo de hora em hora, por 12 horas, em triplicata.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O inóculo inicial ficou padronizado em aproximadamente 10^2 UFC/mL, sendo o mesmo ficou constante até 2 horas de experimento, caracterizando a fase de adaptação (Lag) do micro-organismo ao meio e as condições de temperatura. Durante esse período a temperatura aumentou gradativamente de 10°C até as temperaturas determinadas de 20°C e 25°C.

A Figura 1 apresenta o comportamento e crescimento de *Salmonella* nas duas condições de temperatura. Observa-se a diferença de comportamento no crescimento de *Salmonella* nas diferentes condições de temperatura, sendo na condição de 25°C o crescimento ocorreu mais rapidamente que na condição de 20 e 15°C. Essa diferença é explicada uma vez que a temperatura influencia diretamente na taxa das reações biológicas que acontecem para a reprodução dos micro-organismos.

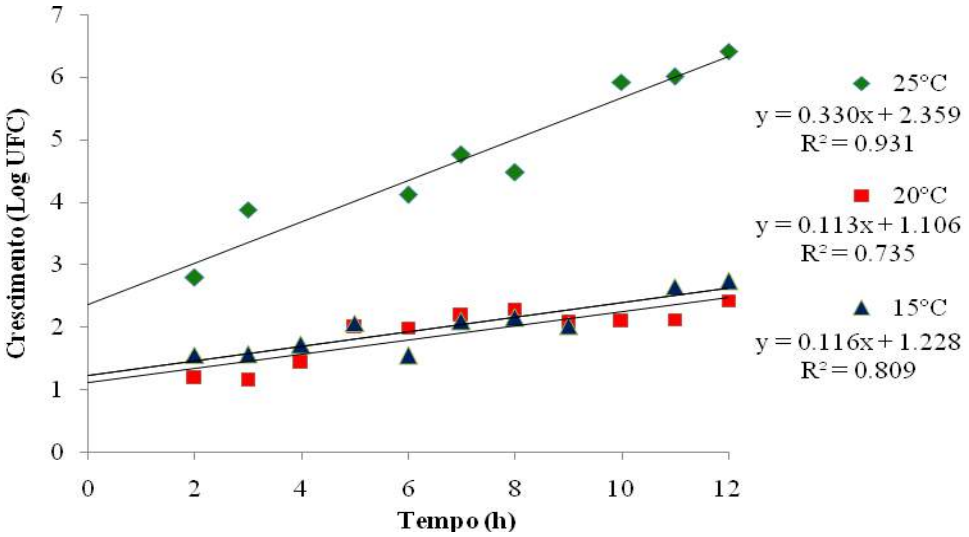


Figura 1: Cinética de crescimento de *Salmonella choleraesuis* em 25, 20 e 15°C.
Fonte: Os autores (2017).

Nas duas primeiras horas após o desligamento da refrigeração as contagens permaneceram constantes indicando a fase Lag do micro-organismo. A elevação da temperatura para 25°C acarretou no aumento de aproximadamente 3,8 Log de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) após 12 horas de exposição e esta temperatura ambiente, enquanto que nas temperaturas ambiente de 15 e 20°C este crescimento foi menor e semelhante (1,4 e 1,2 Log UFC). Isso mostra que o aquecimento causado pelo desligamento por longos períodos, como períodos noturnos ou finais de semana, de equipamentos de frio (gôndolas de supermercado, expositores e resfriadores em geral) é um problema, pois torna favoráveis as condições para o desenvolvimento e reprodução de micro-organismos muitas vezes patogênicos, principalmente em dias quentes, com temperatura ambiente mais elevada.

Segundo Pereira et al. (2010), a cadeia do frio compreende todo processo de armazenamento, conservação, distribuição, transporte e manipulação dos produtos, tendo em vista o controlo e manutenção adequada das baixas temperaturas necessárias para garantir a cadeia de frio. Qualquer falha nesta cadeia pode comprometer a qualidade dos produtos, pois as velocidades das reações químicas, bioquímicas e microbiológicas estão diretamente relacionadas com a temperatura, causando impacto nos produtos alimentares a nível nutricional, e da própria qualidade do produto alimentar.

Segundo Guedes (2008), a medição e o controle da temperatura são dois parâmetros muito importantes a ter em conta na plena manutenção e eficácia da cadeia de frio para a segurança alimentar, no entanto o parâmetro ou fator tempo também é muito importante para que um produto alimentar se mantenha seguro. O período de tempo a que um alimento poderá estar sujeito a temperaturas anômalas é de igual forma decisivo para a segurança dos produtos alimentares ou gêneros alimentícios refrigerados e/ou congelados.

4. CONCLUSÃO

A temperatura de armazenamento e o tempo de conservação de alimentos influenciam diretamente na taxa de crescimento de microrganismos, por isso deve-se monitorar e não fornecer condições favoráveis de temperatura para alimentos que devem ser conservados resfriados.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI Campus de Erechim e Aurora Alimentos pelo apoio e pela infraestrutura para realização dos experimentos.

6. REFERÊNCIAS

Arruda, G.A.; Popolim, W.D.; Fujino, H.; Leite, C.L.;. Ribeiro, L.C., 1996. Avaliação das condições de entrega de gêneros perecíveis em unidades de alimentos e nutrição, através do método de análises de perigos em pontos críticos de controle (APPCC). *Higiene alimentar*, v. 10, n. 44, p.44-48.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC n°216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, de 16 de setembro de 2004. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/388704/RESOLU%25C3%2587%25C3%2583O-RDC%2BN%2B216%2BDE%2B15%2BDE%2BSETEMBRO%2BDE%2B2004.pdf/23701496-925d-4d4d-99aa-9d479b316c4b>. Acesso em: 15 ago. 2017.

Franco, B.D.G.M; Landgraf, M., 2005. *Microbiologia dos alimentos*. São Paulo: Atheneu.

Gama, N.M.S.Q., 2001. *Salmonella spp em aves de postura comercial*. 58 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, São Paulo.

Guedes, R., 2008. Manutenção da cadeia de frio nos produtos ultracongelados. *Segurança e Qualidade Alimentar*, n. 5, p. 54.

Hobbs, B.C.; Roberts, D., 1999. *Toxinfecções e controle higiênico-sanitário de alimentos*. São Paulo: Varela.

Holt, J.G. et al., 1994. *Bergery's manual of determinative bacteriology*. 9th. ed. Baltimore: Williams & Wilkins. 787p.

Mapa, 2006. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (Brasil). Circular no. 668 de 19 de setembro de 2006. *Diretrizes para preparação de Plano de APPCC (HACCP) para o processo de abate de aves*. Brasília: 3 p.

Matsubara, E.N., 2005. *Condições higiênico-sanitárias de meias-carcaças de suínos após o abate e depois de resfriamento e análise da utilização de Lista de Verificação para avaliar boas práticas no abate de suínos*. 154 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal)-Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Pereira, V., Doria, E., Junior, B., Silveira, V., Filho, L., 2010. Avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos refrigerados e congelados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, n. 1, p. 158-165.

Pinto, J.; Neves, R., 2010. *Análise de Riscos no Processamento Alimentar*. Porto: Publindústria, Edições Técnicas.

Senai, 2000. (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial). *Elementos de apoio para o sistema APPCC*. Rio de Janeiro.

Vieira, E.T.T., 2007. *Influência no Processo de Congelamento na Qualidade do Peito de Frango*. 101f. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões da URI-Campus de Erechim.

7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DA CURVA DE LETALIDADE DE *ENTEROCOCCUS FAECALIS* EM PROCESSO DE COZIMENTO DE PRESUNTO COM CONVECÇÃO NATURAL E FORÇADA

Roberto Verlindo
Aurora Alimentos, R. João Martins, 219-D, B. São Cristóvão, Chapecó-SC, 89803-901.
roberto-verlindo@auroraalimentos.com.br

Rosa Cristina Prestes Dornelles
Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Cidade Universitária, B. Camobi, Santa Maria-RS, 99105-900.
rosacrisprestesdornelles@outlook.com

Marina Andreia de Souza
Alexander Junges
Hélia Valério Thibes
Geciane Toniazzo Backes
Rogério Luis Cansian
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. sete de setembro, 1621, Erechim-RS, 99709-910.
mariina.2010@hotmail.com
junges@uricer.edu.br
thelia@uricer.edu.br
gtoniazzo@uricer.edu.br
cansian@uricer.edu.br

Resumo. *Um dos maiores desafios das agroindústrias atuais é atender as exigências do mercado consumidor cada vez mais rigoroso, que avalia além da qualidade intrínseca do produto, fatores como: características sensoriais, econômicas, entre outros, mantendo preços acessíveis a fim de tornar seus produtos competitivos nos pontos de vendas. Uma das principais etapas do processo de elaboração de presunto cozido, é a etapa de cozimento, que é definido pelo binômio tempo do processamento e temperatura de aquecimento. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de cozimento de presunto cozido em condições industriais em sistema de convecção natural e forçada. O calculo de valor letal (Fcal) foi realizado utilizando como micro-organismo alvo o* Enterococcus faecalis, *devido a sua alta resistência perante o tratamento térmico. Coletou-se dados de temperatura no centro geométrico do presunto e nos dois sistemas de convecção atingiu valor de Fref (23,6min), necessário para redução de 8 reduções logarítmicas (8D). Levando-se em consideração toda a curva de cozimento e não simplesmente a temperatura de núcleo no final do processo, pode-se concluir que o cozimento do presunto, tanto em tanque de convecção natural como em tanque de convecção forçada são suficientes para se atingir acima de 15D.*

Palavras-chave: *Razão letal, valor D, Cozimento, Presunto.*

1. INTRODUÇÃO

Em produtos derivados de origem animal, o método mais empregado para destruir micro-organismos potencialmente toxigênicos e causadores de alterações sensoriais é o tratamento térmico (Prince e Schweigert, 1976).

Conforme Baruffaldi e Oliveira (1998), a aplicação do tratamento térmico com a combinação de tempo de processamento e a temperatura de cozimento adequada, tem por objetivo a inativação enzimática, o fornecimento de propriedades sensoriais e a destruição dos micro-organismos, principalmente os nocivos para a saúde pública, capazes de se multiplicar no produto, e na temperatura prevista de distribuição. A escala do binômio tempo - temperatura do tratamento térmico deve ser calculada em função da garantia da destruição microbiológica e das propriedades sensoriais no produto final.

A legislação brasileira (RIISPOA, 1952) menciona que os "embutidos preparados em óleo devem ser cozidos em temperatura não inferior a 72°C no mínimo por 30 minutos". Mais recentemente a Portaria 711 (Mapa, 1995) menciona que as empresas devem controlar a temperatura mínima interna que deve atingir 71°C e devem controlar o tempo total

de cozimento. Para o resfriamento esta mesma legislação preconiza que presuntos e apresuntados deverão ser resfriados a uma temperatura de 0°C até uma temperatura não superior a 5°C.

O Ofício-Circular n° 006/2015/CGI/DIPOA/DAS menciona que "em atenção a solicitação da Associação Brasileira de Proteína Animal — ABPA, por meio do Ofício no 869/2015, aditamos o item I, letra b, do Ofício-Circular no 005/2015/CGI/DIPOA/SDA (Mapa, 2015) esclarecendo que o micro-organismo alvo de referência para a validação do processo de cozimento é o *Streptococcus* D também denominado *Enterococcus faecalis*. Apesar deste ofício tratar de mortadela, os dados publicados que fazem jus ao tratamento térmico também estão sendo cobrados para os demais produtos que passam por cozimento, como forma de garantia de inocuidade microbiológica.

A maioria dos estudos menciona que as baixas temperaturas no final do cozimento podem afetar negativamente as características de sabor e textura e a estabilidade dos produtos. Além disso, a faixa crítica de temperatura no cozimento é a de 40 a 50°C e no resfriamento é a de 40 a 20°C (Ordóñez et al., 2006). Tempo excessivo nestas faixas de temperatura leva ao estresse bacteriano e reativação de enzimas e micro-organismos respectivamente.

O cozimento e o resfriamento fazem parte do cálculo da letalidade total do processo, pois ambos contribuem para a taxa letal onde o primeiro é responsável pela morte dos micro-organismos e o segundo por inviabilizar a reativação de enzimas e células viáveis que por tenham sobrevivido ao cozimento. Portanto, é possível o cálculo da letalidade do cozimento e do resfriamento e a combinação destas refere-se a letalidade total do processo (Silva, 2004; Xargayó et al., 2007; Reichert, 1988; Knipe e Rust, 2009).

A relação "tempo x temperatura" pode ser alterada, pois em termos de letalidade o que se toma como referência é o valor de F. Portanto, é possível a equivalência de processos onde se utilizam menores temperaturas o tempo de processo será maior e vice-versa, pois o controle será em relação ao F requerido (Silva, 2004; Xargayó et al., 2007). Ordóñez (2006), sugere a pasteurização a 80°C até temperatura interna de 70°C. Frey (1995) menciona que presuntos podem ser cozidos a 66°C a 68°C desde que o resfriamento seja otimizado e recomenda valor de F de 70°C.

O tempo de redução decimal ou valor D é o tempo de tratamento térmico necessário a uma dada temperatura t, para destruir 90% dos esporos ou células vegetativas de um dado micro-organismo. Quando se representa a população microbiana em coordenadas semilogarítmicas, o valor D é o tempo necessário para reduzir o número de micro-organismos em uma ordem logarítmica. Para estabelecer o tratamento térmico de um produto é necessário calcular o tempo de redução decimal, valor D, em diferentes temperaturas. A variação experimental do valor D com a temperatura é uma relação exponencial e, portanto, deve ser representada como log D em função da temperatura. No valor z ou constante de resistência térmica, considera-se como fator que descreve a resistência térmica dos esporos bacterianos (Singh e Heldman, 1976).

O valor F designa o equivalente em minutos a 121,1°C das letalidades durante o processamento do produto através do binômio tempo-temperatura no ponto de aquecimento mais tardio (centro geométrico do produto) durante o tratamento térmico. Assim, o valor F é uma medida do efeito letal total sobre os micro-organismos que sofrem um determinado tratamento térmico (Baruffaldi e Oliveira, 1998).

Segundo Reichert (1988) o ponto frio da peça é o centro geométrico e é neste ponto que deve ser coletado a temperatura do produto. Mas não basta apenas a determinação do ponto frio da peça, visto que, um sistema de cozimento também possui regiões com diferenças de temperatura e para isso torna-se necessário a determinação do ponto frio/região fria do equipamento que é responsável pelo aquecimento dos produtos (estufa, forno, tanque, etc.). Ao coletar dados de temperatura nas regiões frias do sistema de aquecimento e no centro geométrico do produto, as demais partes do tanque e os demais produtos terão seus dados de temperatura superior aos coletados, garantindo que o sistema de coleta de temperatura é válido.

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi determinar a curva de letalidade no centro geométrico do presunto cozido, no ponto frio dos sistemas de cozimento com circulação de água por convecção forçada e natural.

2. MATERIAL E METODOS

Foram determinadas duas formas de aquecimento, sendo convecção natural e convecção forçada. Os tanques de cozimento possuem capacidade de 02 gaiolas.

Os programas de cozimento para cada processo são definidos de forma a atender as características previas do respectivo processo (convecção natural e convecção forçada), conforme Tabela 1.

Tab. 1: Programas de cozimento para convecção natural e forçada.

Fase de cozimento	Convecção Natural		Convecção Forçada	
	Temperatura (°C)	Tempo (min.)	Temperatura (°C)	Tempo (min.)
1ª	62	30	60	45
2ª	77	235	75	220

O tempo total de cozimento é de 265min., sendo que o binômio tempo-temperatura de cada programa de cozimento do presunto varia conforme a característica do mecanismo de troca térmica (natural x forçado). Os presuntos devem atingir temperatura interna (no centro geométrico) no final do programa cozimento de no mínimo 69°C. Temperatura

esta determinada em normas internas da empresa e com detalhamento das etapas do processo produtivo devidamente registrado e aprovado junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2015).

Foi realizado o cálculo do valor F (Letalidade do Cozimento), valor de L (taxa letal) e número de reduções considerando apenas o cozimento e nas condições de referência sendo: *Enterococcus faecalis*, Temperatura de Referência – 70°C, Valor de D (tempo em min. a certa temperatura constante suficiente para destruição de 90% dos micro-organismos) = 2,95 min., Valor de z (diferença de temperatura necessária para redução de 1 ciclo logarítmico = 10°C e foram utilizadas as eq. 1, 2 e 3 mencionadas na literatura (Reichert, 1988).

$$D_{T2} / D_{T1} = 10^{(T1-T2)/z} \quad (1)$$

$$L = 10^{(T-Tr)/z} \quad (2)$$

$$F_{Tr} = (L1 + L2 + L3 + ...L_{n-1}) \times \Delta T \quad (3)$$

Por último, o valor F_{ref}, previamente definido, pode ser calculado como:

$$F_{ref} = D_{ref} \times n° \text{ redução logarítmica} \quad (4)$$

Foi tomado como base, o número de reduções decimais admitidas pela indústria alimentícia, neste caso 8 ciclos logarítmicos, para maior garantia dos processos de cozimento e, consequentemente, maior segurança alimentar dos produtos comercializados por esta indústria.

Os dados de letalidade foram analisados pelo teste de Tukey com 5 % de significância ($p<0,05$) e pela metodologia de planejamento de experimentos, utilizando o software Statistica versão 12.0 (Statsoft Inc., USA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizado o cálculo de valor letal com base nos dados de temperatura coletados no ponto frio do tanque, e no centro geométrico do produto. Para isso, foram utilizados os dados de referência do micro-organismo *Enterococcus faecalis* (Temperatura de Referência = 70°C; Valor de D = 2,95 min.; Valor de z = 10°C) e número de reduções decimais = 8D, com base no definido pela indústria alimentícia.

Na Tabela 2 pode-se verificar o cálculo de valor letal mínimo obtido nas coletas de dados, para os Presuntos cozidos em sistema de Convecção Natural e Forçada.

Tab. 2: Cálculo de valor letal dos Presuntos cozidos em sistema de Convecção Natural e Forçada.

Enterococcus faecalis **(D = 2,95 min., z = 10 °C e Temperatura de Referência = 70 °C)**				
Requerido		**Calculado**		
Número de reduções requeridas	F requerido (min.)	Taxa Letal (min.) $L = 10^{((T-Tr)/z)}$	F calculado (min.) $\sum F = \sum(L \times \Delta T)$	Número de reduções calculadas (ciclos log) F/D
Presunto cozido em sistema de Convecção Natural				
6 D* 8 D**	F = 6 x 2,95 = 17,7 F = 8 x 2,95 = 23,6	$\sum L = 22,85$	$\sum F = 45,7$	45,7/2,95 = 15,5
Presunto cozido em sistema de Convecção Forçada				
6 D* 8 D**	F = 6 x 2,95 = 17,7 F = 8 x 2,95 = 23,6	$\sum L = 22,5$	$\sum F = 45,0$	45,0/2,95 = 15,25

* Conforme o Ofício-Circular n°.005/2015/CGI/DIPOA/SDA de 27 de julho de 2015.
**Parâmetro industrial

Considerando os parâmetros para *E. faecalis*, são necessários no mínimo 17,7 ou 23,6 minutos para redução de 6 ou 8 ciclos log do micro-organismo alvo, visando atender o Ofício-Circular n°.005/2015/CGI/DIPOA/SDA (Mapa, 2005) ou o parâmetro industrial, respectivamente.

A somatória dos valores de F obtidos durante o cozimento no centro geométrico de presunto no ponto frio dos tanques foi de 45,7 e 45,0 minutos para convecção natural e forçada, respectivamente, sendo estes tempos de cozimento aproximadamente 2,5 e 1,9 vezes maiores que os tempos mínimos requeridos para atender a legislação referente ao processo de cozimento de mortadela e o parâmetro industrial adotado para presunto cozido. Este processo de cozimento é suficiente para uma redução de mais de 15D (15 ciclos logarítmicos) deste micro-organismo alvo.

Os resultados apresentados na Tabela 1 indicaram que o tratamento térmico estabelecido em norma interna da empresa é eficiente e garante a segurança do produto, para ambos os sistemas de convecção, pois os valores de

letalidade e reduções calculados para o cozimento e atenderam o mínimo de 8D para o micro-organismo alvo (*Enterococcus faecalis*) conforme estabelecidos em normas internas da empresa e, consequentemente, atenderam o preconizado pelo ofício-Circular n°.005/2015/CGI/DIPOA/SDA de 27 de julho de 2015 (Mapa, 2015). Stumbo (1965) e Reichert (1988) indicam para produtos pasteurizados uma redução de no mínimo 5D estando de acordo com o encontrado neste projeto.

Segundo o descrito no capítulo 16 do FDA (2003), a seleção do agente patogênico alvo é crítico para a eficácia de cozimento. Geralmente, *L. monocytogenes* é selecionado como o patógeno alvo porque ele é considerado como o agente patogênico mais tolerante ao calor, transmitido por alimentos, que não formam esporos. Processos de cozimento não são normalmente concebidos para eliminar os esporos de bactérias patogênicas. A determinação do grau de destruição do agente patogênico alvo também é crítico. Em geral, uma redução de seis ordens de grandeza (seis ciclos logaritmos, por exemplo, de 10^3 a 10^{-3}) no nível de contaminação é adequado (Abraham et al., 1990). Porém, ao se avaliar os valores letais determinados para *L. monocytogenes* (valor D = 0,396 e valor z = 8,0°C) (Tabela 2) e comparar com os valores do *Enterococcus faecalis*, verifica-se que estes são menores, assim, ao se reduzir o micro-organismo alvo no número de ciclos desejado, todos os que possuem letalidade inferior serão eliminados.

Os resultados de valor letal do processo de cozimento poderiam ser ainda maiores, se levado em consideração a curva de decréscimo de temperatura (durante etapa de resfriamento), visto que, até o produto resfriar totalmente o efeito da redução microbiana continua efetivo. Neste trabalho optou-se por não utilizar a curva de redução, para simplificar a coleta de dados.

Na Figura 1, é apresentada a compilação dos dados obtidos durante a etapa de cozimento do presunto cozido em sistema de convecção natural. Foram utilizados os dados de temperatura de núcleo do produto (centro geométrico) nas regiões fria e quente do tanque, com base num programa de cozimento pré-determinado e avaliado as respectivas letalidades de processo.

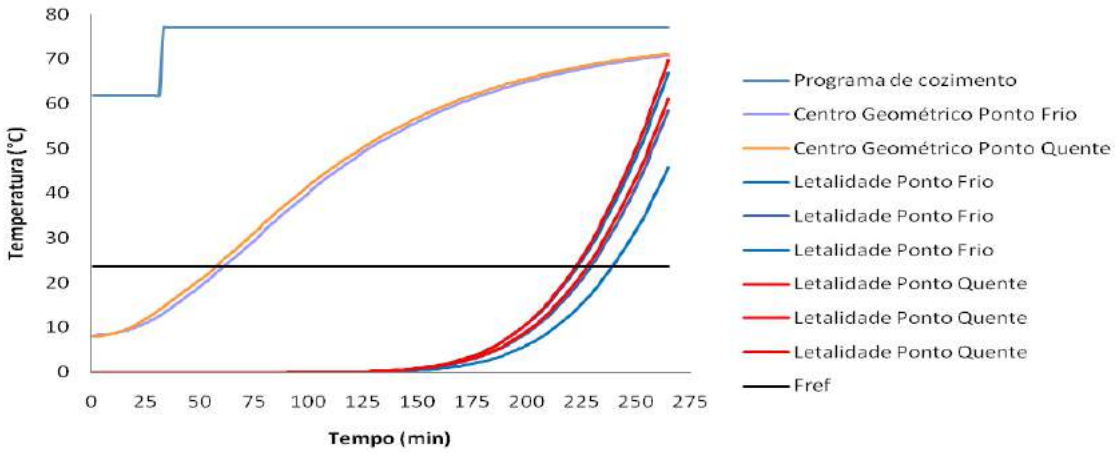


Figura 1: Evolução da temperatura de núcleo e letalidade do presunto cozimento em sistema de convecção natural.

Pode ser observado que a temperatura de núcleo no centro geométrico do presunto cozido em sistema de convecção natural, no final do tratamento térmico atingiu valor de 70,8°C, quando este foi coletado na região fria do tanque. Para o presunto cozido em sistema de convecção natural, localizado na região quente do tanque, a temperatura de núcleo no centro geométrico da peça no final do cozimento foi de 71,2°C uma diferença de 0,4°C.

A letalidade do processo de cozimento, no ponto frio e consequentemente no ponto quente do tanque ficaram acima do requerido para eliminação de 8 ciclos logarítmicos do micro-organismo *Enterococcus faecalis* (23,6 min.). Ao tomar-se como base a menor leitura no ponto frio do tanque (45,7min.), pode-se afirmar que o processo de cozimento atingiu um percentual de 93% acima do limite determinado para redução do micro-organismo alvo (8D), sendo que este limite foi atingido com um tempo de 241minutos de cozimento, ainda restando do tempo total do programa de cozimento 24 min. A temperatura de núcleo de centro geométrico da peça no momento do atingimento do valor letal (23,6 min.) era de 68,7°C, mostrando que ao integrar-se a elevação da temperatura de núcleo no centro do produto em relação ao tempo de permanência nestas temperaturas (binômio tempo-temperatura), não é necessário atingir a temperatura de 71°C, conforme determina a Portaria 711 (Mapa, 1995), visto que a redução destes micro-organismos já está ocorrendo em temperaturas entre 55 a 60°C, conforme observado pelas curvas de letalidade apresentadas na Figura 1.

O programa de cozimento foi definido com elevação escalonada para evitar que o produto sofra um aquecimento brusco, visto que ao realizar o embutimento do produto, a temperatura da massa é relativamente baixa (aproximadamente 8°C), evitando assim um diferencial muito elevado entre meio de aquecimento e massa do produto, o que poderá afetar a coloração, textura e sinérese deste produto.

A diferença entre os dois programas de cozimento, são desenvolvidos devido as diferenças entre os sistemas de aquecimento: Convecção Natural e Convecção Forçada.

Na Figura 2, encontra-se a compilação dos dados obtidos durante a etapa de cozimento do presunto cozido em sistema de convecção forçada. Foram utilizados os dados de temperatura de núcleo do produto (centro geomêtrico) nas regiões fria e quente do tanque, com base num programa de cozimento predeterminado e avaliado as respectivas letalidades de processo.

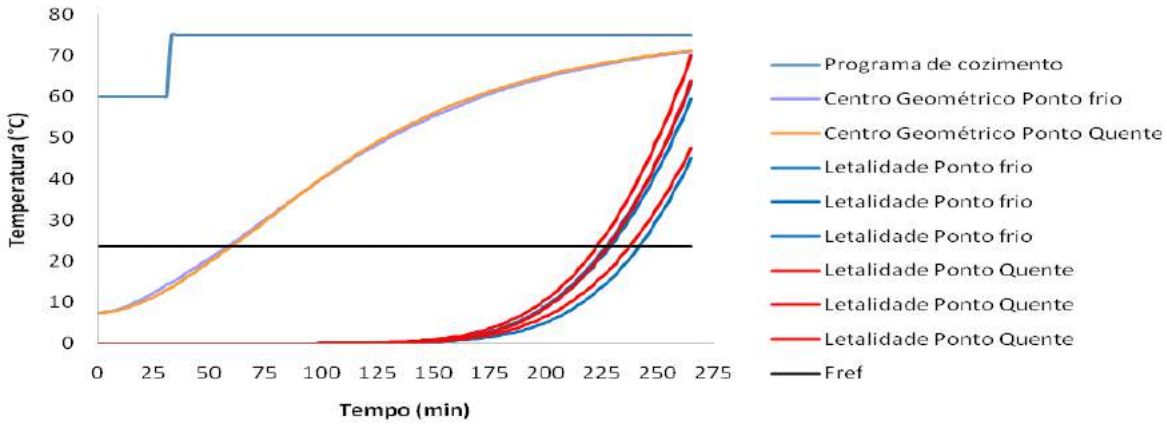


Figura 2: Evolução da temperatura de núcleo e letalidade do presunto cozimento em sistema de convecção forçada.

Pode ser observado na Figura 2 que a temperatura de núcleo do presunto cozido em sistema de convecção forçada, no final do tratamento térmico atingiu valor de 70,9°C, quando este foi coletado na região fria do tanque. Para o presunto cozido em sistema de convecção forçada, localizado na região quente do tanque, a temperatura de núcleo no centro geométrico da peça no final do cozimento foi de 71,1°C, uma diferença de 0,2°C.

Assim como no sistema de convecção natural a convecção forçada, atinge o valor de Fref (23,6 min.), para redução de 8 ciclos logarítmicos, muito antes do final do programa de cozimento. Com 243 minutos do processo de cozimento o presunto atinge o valor de Fcal, restando ainda 16 minutos do tempo total predeterminado no programa de cozimento para o sistema de convecção forçada. O menor valor de Fcal, atingido no final do processo de cozimento foi de 45 minutos, perfazendo um total de 91% acima do limite estabelecido para redução de 8 ciclos log do micro-organismo alvo.

A temperatura de núcleo de centro geométrico da peça no momento do atingimento do valor letal (23,6 min.) era de 68,4°C, mostrando que ao integramos a elevação da temperatura de núcleo no centro do produto em relação ao tempo de permanência nestas temperaturas (binômio tempo-temperatura), não é necessário atingir a temperatura de 71°C, conforme determina a Portaria 711 (Mapa, 1995), visto que a redução destes micro-organismos já está ocorrendo em temperaturas entre 55 a 60°C, conforme observado na Figura 2.

É possível verificar certa semelhança entre a evolução das temperaturas dos presuntos cozidos em sistema de convecção natural e forçada, mostrando que mesmo utilizando programas de cozimento diferentes, o perfil da temperatura de núcleo é muito próximo.

Na Figura 3, apresenta-se a comparação das letalidades obtidas no final do processo de cocção dos presuntos tratados em sistema de convecção natural e forçada.

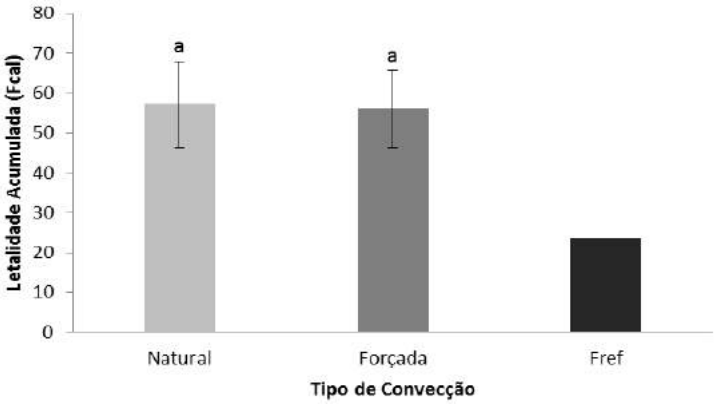


Figura 3: Comparação do valor letal obtido no final do cozimento para os presuntos submetidos a cozimento em sistema de convecção natural e forçada.
(Médias seguidas de mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey com 95% de confiança).

Quando comparado os dois métodos de tratamento térmico, pode-se verificar que ambos atendem as legislações vigentes. Fundamentado nos dados obtidos, apesar de um sistema de convecção forçado (turbulência no meio de aquecimento) ser mais eficiente quando comparado a um aquecimento com convecção natural, podemos afirmar que os programas de cozimento desenvolvido para cada sistema de convecção (natural e forçado), diminuem esta diferença entre produtos e a temperatura de núcleo final dos presuntos ficaram muito próximas, bem como sua elevação o que influencia diretamente no resultado final de valor letal (Fcal), visto que a equação utilizada neste estudo leva em consideração a integração de todos os pontos de temperatura de núcleo coletados a cada 2 minutos, mostrando que não tem diferença significativa ($p<0,05$), conforme Figura 3.

Segundo Zwietering et al. (2016), pode-se afirmar que determinar a amostragem do produto é uma parte relevante da verificação de um sistema de gestão da segurança alimentar, mas que é mais que a totalidade da informação que proporciona a confiança. Um dossiê de segurança alimentar contendo apenas provas abstrata de validação não será suficiente sem coleta de dados no campo real. Neste trabalho, foi possível comprovar com dados reais, a eficácia do tratamento térmico e a importância da validação de cozimento dos produtos que passam por processo térmico. Salientando, que o conhecimento destes processos são de grande valia para garantir a inocuidade microbiológica dos produtos e a segurança alimentar dos consumidores de produtos cárneos processados termicamente.

Com os dados apresentados na Figura 3, podemos concluir que em nível industrial, ambos os sistemas de convecção (natural e/ou forçado) podem ser utilizados, desde que respeitado um programa de cozimento compatível com cada sistema. Em termos financeiros, um sistema com convecção natural, que tem o vapor circulado no interior da serpentina sem desperdício de vapor poderá ser mais interessante, visto que, o vapor após circulado no tanque poderá ser reenviado para a caldeira, promovendo menor gasto energético para geração de calor.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERGS, Aurora Alimentos e URI pelo apoio financeiro.

5. REFERÊNCIAS

Abraham, G.; Debray, E.; Candau, Y. and Piar, G., 1990. *Mathematical model of thermal destruction of Bacillus stearothermophilus spores*. Applied And Environmental Microbiology, Vol. 56, p. 3073-3080.

Baruffaldi, R.; Oliveira, M.N., 1998. *Fundamentos de tecnologia de alimentos*: São Paulo: Atheneu, 317p.

FDA-CFSAN, 2003. U.S. Food and Drug Administration. *Centre for Food Safety and Applied Nutritions. Cook it safely*.

Frey, W., 1995. *Fabrication Fiable de Embutidos.* Zaragoza: Acribia.

knipe, C.L. and Rust, R.E., 2009. *Thermal processing of ready-to-eat meat products*. Columbus: Wiley-Blacwell.

MAPA, 1995. *Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária*. Portaria n°. 711, 01.11.1995.

MAPA. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. Ofício-Circular n°.005/2015/CGI/DIPOA/SDA de 27 de julho de 2015. *Informações sobre registro do produto mortadela conservada em temperatura ambiente*.

Ordóñez, J.A. (coord.) et al., 2006. *Tecnologia de Alimentos*, Porto Alegre: Artmed, 279p.

Prince, J. F. and Schweigert, B.S. 1976. *Ciência de la carne y de los productos carnicos*. Zaragoza: Acribia, 668p.

Reichert, J.E., 1988. *Tratamiento térmico de los productos cárnicos: fundamentos de los cálculos y aplicaciones*. Zaragoza: Acribia, 174p.

RIISPOA, 1952. *Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal*. Decreto nº 30.691 de 29/03/1952.

Silva, M.L., 2004. *Efeito de dois métodos de cocção – água e vapor – nos parâmetros de qualidade do músculo Semitendinosus*. Dissertação de Mestrado, Piracicaba, 102f.

Singh, R. P. and Heldman, D. R., 1976. *Introducción a la ingeniería de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 544p.

Stumbo, C.R., 1965. *Thermobacteriology in food processing*. London: Blackie Academic Press.

Xargayó, M., Lagares, J., Fernández, E., Borrel, D. and Juncá, G., 2007. *Una solución definitive para mejorar la textura de la carne*. Departamento de Tecnologia, Metalquimia S/A - Espanha.

Zwietering, M. H.; Jacxsens, L.; Membré, J.; Nauta, M. and Peterz, M., 2016. *Relevance of microbial finished product testing in food safety management.* Food Control, Vol. 60, p.31-43.

6. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DO PERFIL DE UMIDADE E TEXTURA DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE PÃES SEM GLÚTEN DURANTE O ARMAZENAMENTO

Natália Woloszyn[1]
Andréia Zílio Dinon[2]
Darlene Cavalheiro[2]
Georgia Anne Sehn[2]
Lucíola Bagatini[2]
Paulo Faitão[3]
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim, Av. Sete de Setembro, 1261, Fátima, Erechim – RS. [2]Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – Campus Pinhalzinho – Av. Coronel Ibiapina de Lima, 750, Efacip, Pinhalzinho – SC. [3]Candon Aditivos - Av. Irio Jacob Welp, 810, Centro, Mal. Cândido Rondon – PR.
natalia_wolo@hotmail.com; andreia.dinon@udesc.br; darlene.cavalheiro@udesc.br ; georgia.sehn@udesc.br ; luciola.bagatini@udesc.br ; paulo.faitao@candon.br

Resumo. *O desenvolvimento de pães sem glúten é um desafio para a indústria de alimentos, especialmente a fim de atender as pessoas celíacas, intolerantes ao glúten. Como alternativas livres de glúten, destaca-se o uso de féculas e aditivos, que visam manter a estrutura e as propriedades viscoelásticas da massa do pão. Nesse contexto, esse trabalho avaliou a influência da goma xantana, da goma de alfarroba, de aditivos e de enzimas utilizadas na elaboração de pães sem glúten durante o armazenamento. As características tecnológicas de textura e teor de umidade foram avaliadas. Observou-se que a goma de alfarroba conferiu ao pão uma melhor textura quando comparado à goma xantana.*

Palvras-chave: *pão sem glúten, umidade, textura.*

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de produtos sem glúten é essencial para atender as necessidades de pessoas celíacas. A doença celíaca é vista como uma das afecções crônicas de patogenia genética com taxas que variam de 1:200 a 1:400 pessoas, sendo um problema de saúde pública (Antunes *et al*., 2006). No Brasil, atinge cerca de 2 milhões de pessoas. A intolerância permanente ao glúten, geralmente se manifesta na infância, mas também pode ocorrer em qualquer idade da vida adulta. O tratamento da doença celíaca consiste em uma dieta totalmente isenta de glúten (Acelbra, 2004).

Tecnologicamente, o glúten é o responsável por formar uma rede viscoelástica que aprisiona o gás carbônico e faz com que ocorra a expansão da massa durante o processo de fermentação, sendo responsável pela estrutura e volume do pão (Benassi; Watanabe, 1997). O desafio da indústria é encontrar ingredientes adequados para substituir o glúten. Estudos de Preichardt, *et al.* (2009) revelam o efeito benéfico da goma xantana como agente sensorial e de estrutura na formulação de produtos de panificação sem glúten. Mohammadi *et al.* (2014) mostraram que a goma xantana possui impacto sobre a umidade dos pães, o que resulta em menor dureza. A goma de alfarroba possui aplicações como espessante, estabilizante e emulsificante na indústria de alimentos (Reis, 2015). Mesquita & Seravalli (2015) demonstraram que a falta de emulsificantes, estabilizantes e da rede de glúten resulta na perda de gases formados durante a fermentação, com consequente prejuízo no crescimento de pães.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o perfil de umidade e textura de pães sem glúten elaborados com goma xantana, goma de alfarroba, gomas e aditivos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo dos pães sem glúten

As seguintes matérias-primas foram utilizadas para o preparo dos pães sem glúten: fécula de batata (Horizonte Alimentos®), gomas, enzimas e aditivos (Candon Aditivos®), farinha de arroz (Urbano®), farinha de milho (Sinhá®), ovos, margarina (Qualy®), sal (Cisne®), açúcar (Alto Alegre®) e fermento (Saf-Instant®), sendo a fécula de batata, as gomas, as enzimas e aditivos fornecidos pelos próprios fabricantes e os demais ingredientes adquiridos no comércio local da cidade de Pinhalzinho/SC. A elaboração dos pães foi realizada na Usina de Cereais do Departamento de

Engenharia de Alimentos e Engenharia Química (UDESC, Pinhalzinho-SC). Três formulações de pães foram avaliadas conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Formulações utilizadas para a elaboração dos pães sem glúten.

Ingredientes	**Pão sem glúten (%)**		
	F1	**F2**	**F3**
Farinha de Milho: Farinha de Arroz: Fécula de Batata	10:40:50	10:40:50	10:40:50
Sal	1,8	1,8	1,8
Açúcar	7,5	7,5	7,5
Fermento Biológico Seco	1,5	1,5	1,5
Margarina	7,5	7,5	7,5
Gema de Ovo	4,0	4,0	4,0
Clara de Ovo	17,0	17,0	17,0
Água	40,0	40,0	40,0
Mono e diglicerídeos de ácidos graxos	0,200	0,200	0,200
Enzima Maltogênica	0,060	0,060	0,060
CSL (estearoil-2-lactil lactato de cálcio)	0,300	0,300	0,300
Alfa Amilase	0,006	0,006	0,006
Carboximetilcelulose	0,200	0,200	0,200
Transglutaminase	0,002	0,002	0,002
Ácido Ascórbico	0,015	0,015	0,015
Goma Xantana	0,000	1,000	0,000
Goma de Alfarroba	0,000	0,000	1,000

F1 = formulação controle, F2 = formulação com goma xantana, F3 = formulação com goma alfarroba (Ingredientes, aditivos e gomas adicionados com base na quantidade de farinhas e fécula).

Primeiramente foram misturados em um recipiente os ingredientes secos: farinha de arroz, farinha de milho, fécula de batata, fermento, sal, açúcar e aditivos. Em seguida, foram adicionadas água, gema, clara e margarina. Após a mistura dos ingredientes, os pães foram colocados em formas de bolo inglês e fermentados por 1 hora/ 30 °C. A seguir, foram forneados em forno convencional por 30 min/ 190 °C e armazenados em sacos plásticos de polietileno, em temperatura ambiente para as análises.

2.2 Análises

2.2.1 Análise de Textura.

A textura dos pães foi medida de acordo com a metodologia 74-10.02 da AACCI (2010), em texturômetro (Brookfield, modelo CT3), a partir de amostras do miolo dos pães em formato cúbico de 2,5 cm^3 (a partir da casca). A textura das amostras foi determinada 1, 4 e 7 dias após o preparo dos pães com compressão de 40%, por cilindro de acrílico de 20 mm de diâmetro e velocidade de 2.0 $mm.s^{-1}$. A análise foi realizada em quintuplicada.

2.2.2 Análise de Umidade.

A análise de umidade foi determinada pela perda de massa de 3g do miolo dos pães, conforme o método 44-15.02 descrito pela AACCI (2010). A análise foi realizada no período de 1, 4 e 7 dias após o preparo dos pães. A análise foi realizada em triplicata.

2. 3 Análise Estatística

A avaliação estatística foi realizada pelo Teste de Tukey, através da análise de variância (ANOVA), usando o software Assistat® para detectar a diferença significativa entre as amostras ($p<0,05$), em nível de confiança de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da textura dos pães.

A Tabela 2 apresenta os dados de textura das diferentes formulações de pães sem glúten durante o período de armazenamento a temperatura ambiente.

Tabela 2. Textura dos pães sem glúten após 1, 4 e 7 dias de preparo.

	Textura(N)		
Formulações*	1 dia	4 dias	7 dias
F1	$17,55 \pm 1,42^{a,A}$	$20,77 \pm 0,41^{a,B}$	$26,23 \pm 2,06^{a,C}$
F2	$39,90 \pm 3,99^{b,A}$	$34,61 \pm 2,75^{c,A}$	$38,98 \pm 5,71^{b,A}$
F3	$21,57 \pm 0,53^{a,A}$	$23,97 \pm 0,47^{b,B}$	$25,73 \pm 1,59^{a,C}$

*Valores expressos como média ± desvio padrão (n=5). Valores seguidos de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$). F1= formulação controle, F2= formulação com goma xantana, F3= formulação com goma de alfarroba.

Observa-se que a amostra F2, com goma xantana, apresentou a maior dureza e manteve esse padrão durante o armazenamento (Tabela 2). De uma forma geral, de acordo com Borges & Vendruscolo (2008), as soluções de goma xantana, comparativamente a outros polímeros, são resistentes à degradação pelo calor, mantêm-se a elevadas temperaturas por prolongados períodos de tempo sem alteração de viscosidade, o que explica a sua textura ao longo do tempo. Nas amostras F1 e F3, a dureza aumentou significativamente ($p<0,05$) ao longo do primeiro para o sétimo dia de armazenamento da amostra. Pode-se justificar o aumento da dureza durante a estocagem pela retrogradação do amido e também pela perda de umidade para o ambiente (Esteller *et al.* 2004).

3.2 Análise da umidade dos pães

Na Tabela 3 estão os resultados dos teores de umidade das formulações de pão sem glúten durante o período de armazenamento a temperatura ambiente.

Tabela 3. Umidade das amostras de pão sem glúten durante a vida útil.

	Umidade (%)		
Amostras	Dia 1	Dia 4	Dia 7
F1	$38,77 \pm 1,20^{a, B}$	$35,89 \pm 0,14^{a, A}$	$36,40 \pm 1,35^{a, A}$
F2	$37,82 \pm 0,81^{a, B}$	$36,35 \pm 0,48^{a, AB}$	$36,52 \pm 0,09^{a, A}$
F3	$38,72 \pm 0,34^{a, B}$	$36,96 \pm 0,57^{a, A}$	$35,91 \pm 0,58^{a, A}$

Valores expressos como média ± desvio padrão (n=3). Valores seguidos de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$). F1 = formulação controle, F2 = formulação com goma xantana, F3 = formulação com goma alfarroba.

Houve redução significativa de umidade ($p<0,05$) para as amostras F1 e F3 ao longo do tempo, na avaliação do dia 1 para o dia 4 (Tabela 3). A umidade não obteve mudança significativa ($p>0,05$) entre os dias 4 e 7 para todas as amostras. A formulação F2 apresentou redução significativa de umidade entre os dias 1 e 7 (Tabela 3). Contudo, não houve mudança significativa ($p<0,05$) da umidade entre as diferentes amostras considerando-se as análises realizadas no mesmo dia. A redução do conteúdo de umidade dos pães pode ser atribuída à migração da umidade do miolo para a crosta, promovendo a secagem do produto (Baik; Chinachoti, 2001). Observa-se que a goma xantana conservou o teor de umidade mais estável durante o armazenamento. Isso se deve a capacidade de reter umidade e diminuir a desidratação (Munhoz, 2003).

4. CONCLUSÃO

Observou-se a dificuldade em desenvolver um produto sem glúten com características estruturais adequadas para o consumidor. A formulação contendo goma de alfarroba demonstrou melhor textura quando comparada à goma xantana. A formulação que continha goma xantana apresentou a maior dureza e maior umidade. Sendo assim, observa-se que a

utilização das gomas xantana e goma de alfarroba apresentam características tecnológicas de umidade e promissoras para o desenvolvimento de pães sem glúten.

5.REFERÊNCIAS

AACCI, 2010. *Approved methods.* 11th ed. St. Paul.

ADOLFO LUTZ, 2008. *Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*, 4th. ed. São Paulo: IMESP.

ACELBRA, 2004 - Associação dos Celíacos do Brasil. 10 ago. 2016 <http://www.acelbra.org.br/2004/doencaceliaca.php>.

ANTUNES H.; ABREU I.; NOGUEIRAS A.; SÁ C.; GONÇALVES C.; CLETO P.; GARCIA F.; ALVES A.; LEMOS D., 2006. "Primeira determinação de prevalência de doença celíaca numa população portuguesa". *Acta Medica Portuguesa*. Lisboa, v. 19, p. 115-120.

BAIK, M. Y.; CHINACHOTI, P., 2001. "Effects of glycerol and moisture gradient on thermomechanical properties of white bread". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v.49, n. 8, p. 4031-4038.

BENASSI, V.T.; WATANABE, E., 1997. *Fundamentos da Tecnologia de Panificação*. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CTAA.

BORGES, C. D.; VENDRUSCOLO, C. T., 2008. "Goma Xantana: características e condições operacionais de produção". *Semina*: Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, v. 29, n. 2, p. 171-188.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S., 2009. *Tecnologia da panificação*. Tradução: Carlos David Szlak. 2 ed. Barueri: Manole.

CHALLEN, I. A., 1994. "Xanthan gum: A multifunctional stabilizer for food products". In: K. NISHINARI; E. DOI (eds.), *Food Hydrocolloids: Structure, properties, and functions*. New York: Plenum Press, p. 135-140.

ESTELLER, M. S.; AMARAL, R. L.; LANNES, S. C. S., 2004. "Effect of sugar and fat replacers and the texture of braked goods". *Journal of Texture Studies*, USA, v. 35, n. 4, p. 383-393.

FERREIRA, S. M. R., 2002. *Controle de qualidade em sistemas de alimentação coletiva*. 1 ed. São Paulo: Varela.

GIANNOULI, P.; MORRIS, E. R., 2003. "Cryogelation of xanthan". *Food Hydrocolloids*, n. 17, p. 495-501.

HAGER, A.S.; ARENDT, E.K., 2013. "Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat". *Food Hydrocolloids*, Ireland, v. 32, p. 195-203.

KATZBAUER, B., 1998. "Properties and applications of xanthan gum". *Polymer Degradation and Stability*, n. 59, p. 81-84.

LI, J. M.; NIE, S. P., 2015. "The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods". *Food Hydrocolloids*.v. 56, p. 46-61.

MESQUITA, B. P.; SERAVALLI, E. A. G., 2015. "Desenvolvimento de pão de forma livre de glúten". In: *Seminário Mauá De Iniciação Científica*, São Paulo.

MOHAMMADI, M.; SADEGHNIA, N.; AZIZI, M.; NEYESTANI, T; MORTAZAVIAN, A. M., 2014. "Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC". *Journal of Industrial and Engineering Chemistry.* Iran, v. 20, p. 1812-1818.

PREICHARDT, L. D.; VENDRUSCOLO, C.T.; GULARTE, M.A.; MOREIRA, A.DA S., 2009. "Efeito da goma xantana nas características sensoriais de bolos sem glúten". *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, Ponta Grossa, v. 3, n. 1, p.70-76.

SILVA, L. H.; PAUCAR-MENACHO, L. M.; VICENTE, C. A.; SALLES, A. S.; STEEL, C. J., 2009. "Desenvolvimento de pão de fôrma com a adição de farinha de 'okara'". *Brazilian Journal of Food Technology***,** v. 12, n. 4, p. 315-322.

5. RESPONSIBILITY NOTICE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DE TRÊS CULTIVARES DE PÊSSEGO EM DIFERENTES CICLOS DE FRUTIFICAÇÃO NA SERRA GAÚCHA

Morgana de Marco

Natália Woloszyn
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim
Avenida Sete de Setembro, 1621, Erechim - RS
natalia_wolo@hotmail.com

Gilberto Luiz Putti
Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Vacaria
Rua Engenheiro João Viterbo de Oliveira, 3061 - Zona Rural, Vacaria - RS
gilberto.putti@vacaria.ifrs.edu.br

Rodrigo Camara Monteiro
Instituto Federal do Rio Grande do Sul - Campus Bento Gonçalves
Avenida Osvaldo Aranha, 540, Juventude da Enologia, Bento Gonçalves - RS
rodrigo.monteiro@bento.ifrs.edu.br

Abstract. *No Brasil, os Estados da região Sul são os que apresentam as melhores condições naturais para a produção comercial de pêssego. Diferentes cultivares vem sendo utilizadas para aumentar a oferta em diferentes épocas do ano. O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptação das cultivares de pêssego com ciclo precoce, BRS Kampai e BRS Rubimel, tendo como testemunha a variedade de ciclo tardio Chiripá, em dois sistemas de condução, taça e Y, bem como avaliar a qualidade pós colheita. Foram realizadas avaliações fenológicas a partir do estádio dormente até o fim da queda de frutos e início da colheita. Os frutos das três cultivares foram analisados fisicamente quanto diâmetro longitudinal e transversal, massa e firmeza de polpa e físico-quimicamente quanto sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e relação SST/ATT. A plena floração apresentou diferença de mais de 20 dias entre a variedade mais precoce Rubimel e a mais tardia Chiripá. Tanto para os diâmetros, quanto para a massa, a cultivar que apresentou maiores valores foi a Rubimel enquanto que a Chiripá apresentou os menores. Para a variável firmeza de polpa, a cultivar Chiripá resultou em 4,18 kgf e as cultivares Kampai e Rubimel em 6,98 e 7,08 kgf, respectivamente. Com relação à SST, a Chiripá obteve média de 13,86 ºBrix enquanto que a Kampai e Rubimel obtiveram valores médios inferiores (12,86 e 11,78 ºBrix). Os valores de ATT foram 0,33% de ácido cítrico para a cultivar Chiripá, 0,29 % para a Kampai e 0,28 % para a Rubimel. A relação SST/ATT para as três cultivares apresentou valores altos, sendo a Rubimel com maior valor (43,11). O ciclo das cultivares BRS Kampai e BRS Rubimel foi precoce em relação a cultivar Chiripá. As cultivares avaliadas apresentaram aptidão para o consumo in natura, atendendo as exigências do mercado consumidor. Além disso, as cultivares precoces demonstraram bom desempenho pós-colheita para a região da Serra Gaúcha.*

Palavras chave: *frutificação, qualidade, produção.*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Protas e Madail (2003), no Brasil os Estados da região Sul são os que apresentam as melhores condições naturais para a produção comercial do pêssego. Segundo o Instituto Brasileiro de Frutas (Ibraf), o abastecimento nacional de pêssego provém de cinco polos de produção: Rio Grande do Sul, São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais e Paraná. O período de oferta da fruta começa em outubro, com a produção paulista, e termina em dezembro, com a colheita gaúcha. O Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional. Segundo dados da EMATER, (RS), em 2014 havia uma área de 5.968 ha para produção de pêssegos destinados ao processamento e 4.530 ha para consumo *in natura*, produzindo 65.000 toneladas para a indústria e 58.850 toneladas para o mercado *in natura*. Nessa produção estavam envolvidos 3.783 produtores (Revista Campo & Negócios, 2015).

A produção na Serra Gaúcha apresenta-se concentrada em determinada época do ano, limitando-se à poucas cultivares. Essa concentração, dada a precária estrutura de logística existente na região, transforma-se, por um lado, em

excesso de oferta que avilta os preços em nível do produtor e, por outro lado, provoca a queda da qualidade de grande parte do produto em nível do consumidor, já que as cultivares produzidas também apresentam problemas de perecibilidade (EMBRAPA, 2003). Uma alternativa de capitalização dos produtores seria implantar outros cultivares que frutificassem em diferentes épocas.

A cultivar BRS Rubimel, lançada em 2007 pela Embrapa Clima Temperado, é originária do cruzamento feito em 1991, entre 'Chimarrita' e 'Flordaprince'. É uma cultivar de caroço semi aderente, com fruto de tamanho médio a grande, formato redondo a redondo cônico, polpa de cor amarela, peso médio 100-120g e acidez baixa (Scaranari et al., 2009). A cultivar BRS Kampai, originária da hibridação controlada entre as cultivares Chimarrita e Flordaprince, apresenta maturação mais precoce que a 'BRS Rubimel', adapta-se a aproximadamente 200 horas de frio (Raseira et al. 2010), a cor da polpa é branco esverdeado e o fruto pesa entre 110 e 120 g (SCARANARI et al. 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptação das cultivares de pêssego, BRS Kampai e BRS Rubimel, tendo como testemunha a variedade Chiripá em dois sistemas de condução, taça e Y, na região da Serra Gaúcha.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no pomar experimental do Instituto Federal do Rio Grande do Sul Campus Bento Gonçalves, localizado no distrito de Tuiuty, na cidade de Bento Gonçalves.

O trabalho foi realizado em blocos ao acaso com 3 tratamentos no arranjo fatorial 3 x 2: 3 variedades de pessegueiro (Chiripá, Rubimel e Kampai e 2 sistemas de condução, em taça e em Y), plantadas no espaçamento de 2,0m x 5,0m em Y e 3,0m x 5,0m em taça, totalizando 12 linhas de cultivo, abrangendo 2 plantas para cada cultivar e, mais 2 linhas de bordadura nas extremidades da área (Figura 1).

O pomar foi implantado em 26 de julho de de 2010. O porta-enxerto utilizado foi o Capdeboscq.

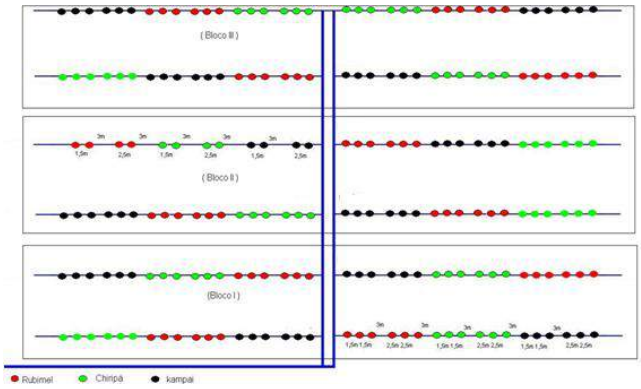


Figura 1. Layout da unidade experimental.
Fonte: Diego Conci, 2010.

Foram realizadas avaliações fenológicas a partir de um esquema com 8 estádios: 1-dormente; 2-gema floral inchada; 3-ponta verde; 4-rosa; 5-plena floração; 6-queda de pétalas; 7a-queda de frutos; 7b-fim da queda de frutos e inicio da colheita, conforme mostrado na Figura 2. A partir das datas da fenologia, realizou-se a média em cada estádio.

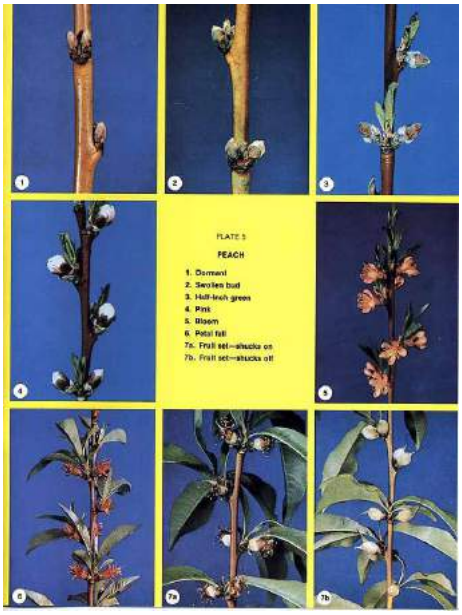


Figura 2. Esquema da fenologia do pessegueiro.
Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/355151120591004630/>

As avaliações pós-colheita foram realizadas em frutos oriundos de pomar com idade de 3 anos (Figura 3).

Figura 3. Pomar experimental em 18/11/2013.
Fonte: Morgana de Marco, 2013.

Para a realização das análises físico-químicas foram colhidos 3 frutos da planta central que compunha as três plantas de cada cultivar. No bloco II, que continha a linha com duas plantas, foram colhidos aleatoriamente 3 pêssegos entre as duas plantas.

O ponto de colheita foi definido visualmente, sendo, quando a perda da cor de fundo verde dos pêssegos já era dominante.

Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas nos pêssegos: massa total dos frutos, pesados individualmente em balança semi-analítica da marca Shimadzu AY220. Diâmetros longitudinal e transversal, obtidos com auxílio de paquímetro manual. Firmeza de polpa, com o auxílio de um penetrômetro manual marca Hauke, equipado com ponteira de aço de 8 mm de diâmetro, que através da compressão exercida, mede a força equivalente para vencer a resistência dos tecidos da polpa. Acidez total titulável (AT), sólidos solúveis total (SS) e relação SST/ATT, segundo metodologia da AOAC (2000). Para a realização das análises físico-químicas foram avaliadas 3 repetições com 6 frutos cada, com exceção da análise de firmeza de polpa, a qual foram utilizados 12 frutos de cada cultivar.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estádio de ponta verde ocorre antes que o estágio gema inchada para as cultivares Rubimel e Kampai (Tabela 1). Isso pode acontecer pelo fato das cultivares necessitarem de menor quantidade de horas de frio para estimular a brotação tanto produtiva quanto vegetativa, porém, a quantidade de horas de calor necessária para brotação produtiva é maior que a brotação vegetativa. A antecipação da brotação, em relação ao início da floração, pode causar danos à frutificação, possivelmente por competir por nutrientes com as gemas floríferas (Nienow, 1997).

A plena floração apresenta diferença de mais de 20 dias entre a variedade mais precoce Rubimel e a mais tardia Chiripá (Tabela 1).

Tabela 1. Datas da fenologia para cada cultivar em função do tipo de condução.

Cultivar	Dormente	Gema floral inchada	Ponta verde	Rosa	Plena floração	Queda de pétalas	Queda de frutos	Fim da queda de frutos	Início da colheita
Rubimel em "Y"	12/jul	22/jul	20/jul	30/jul	06/ago	10/ago	18/ago	26/ago	18/nov
Rubimel em "T"	12/jul	26/jul	21/jul	04/ago	09/ago	12/ago	20/ago	29/ago	18/nov
Kampai em "Y"	12/jul	26/jul	23/jul	02/ago	07/ago	11/ago	23/ago	31/ago	18/nov
Kampai em "T"	12/jul	24/jul	20/jul	01/ago	05/ago	10/ago	21/ago	06/set	18/nov
Chiripá em "Y"	12/jul	16/ago	25/ago	22/ago	26/ago	31/ago	10/set	19/set	26/dez
Chiripá em "T"	12/jul	15/ago	23/ago	21/ago	26/ago	01/set	14/set	25/set	26/dez

Como pode ser observado na Tabela 2, tanto para as análises de diâmetro longitudinal e transversal, quanto para a análise de massa, a cultivar Chiripá apresentou valores inferiores às demais cultivares.

Tabela 2. Diâmetro longitudinal, diâmetro transversal e massa de pêssegos das cultivares Chiripá, BRS Kampai, BRS Rubimel com diferentes ciclos de frutificação.

Cultivar	Diâmetro longitudinal (mm)	Diâmetro transversal (mm)	Massa (g)
Chiripá	57,78 a¹	62,22 a¹	106, 43 a¹
Kampai	64, 61 a²	62,88 a¹	128,72 a²
Rubimel	64, 61 a²	63,50 a¹	128,60 a²
Teste F	33,67	2,26	31,51
DMS	2,32	1,45	7,8
CV (%)	4,63	2,82	7,8

Valores na coluna, seguidos de letras com números distintos, diferem estatisticamente em 0,05 de probabilidade pelo teste F e de Tukey.

Para a variável firmeza média de polpa (Tabela 3), a cultivar Chiripá apresentou diferença significativa quando comparada com as outras cultivares, sendo sua firmeza menor.

Dentre as cultivares estudadas, os frutos de Chiripá foram os que apresentaram o maior teor de SST. As cultivares Kampai e Rubimel apresentaram STT médio de 12,86 e 11,78 ºBrix, respectivamente, valores estes os quais concordam com os descritos por Raseira et al. (2010), os quais descreveram que o teor de sólidos solúveis varia entre 9 e 13°Brix, mais comumente entre 11 e 12 °Brix.

Os maiores valores registrados para acidez total titulável (ATT), também foram registrados em frutos de Chiripá, 0,33 % de ácido cítrico. No entanto, esses valores não diferiram significativamente para as demais cultivares, mostrando baixos valores de acidez para todas as cultivares, resultados desejáveis, por se tratarem de frutos para consumo in natura.

Para esta relação, os maiores valores encontrados foram para a cultivar Kampai, seguido da Rubimel e Chiripá, sendo que, em todas os índices foram satisfatórios, já que a maior relação confere maior equilíbrio entre o doce e o ácido, conferindo sabor mais agradável. Os altos valores de relação SST/ATT são considerados bom indicador para fruta de alta qualidade (Deshpande e Salunkhe, 1964; Meredith et al., 1989).

Tabela 3. Firmeza de polpa, SST, ATT e relação SST/ATT de pêssegos das cultivares Chiripá, BRS Kampai, BRS Rubimel com diferentes ciclos de frutificação.

Cultivar	Firmeza de polpa (kgf)	SST (°Brix)	ATT (% ác. cítrico)	SST/ATT
Chiripá	4,18 a¹	13,86 a²	0,33 a¹	41,54 a¹
Kampai	6,98 a²	12.86 a²	0,29 a¹	44,46 a¹
Rubimel	7,08 a²	11.78 a¹	0,28 a¹	43,11 a¹
Teste F	739,45	13.76	1,45	0,19
DMS	0,21	0,97	1,16	13,01
CV (%)	4,13	4,81	15,46	19,09

Valores na coluna, seguidos de letras com números distintos, diferem estatisticamente em 0,05 de probabilidade pelo teste F e de Tukey.

O experimento mostrou que as novas variedades, Kampai e Rubimel, podem servir como uma boa alternativa para descentralizar o pico de safra e aumentar a época de produção. No entanto, pela precocidade, deve-se ter um cuidado maior em relação às datas de brotação e geadas tardias.

As variedades precoces apresentaram bom desempenho pós-colheita quanto às características avaliadas.

4. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS)

5. REFERÊNCIAS

EMBRAPA. *Sistema de Produção de Pêssego de Mesa na Região da Serra Gaúcha.* 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pessego/PessegodeMesaRegiaoSerraGaucha>. Acesso em 04 setembro 2017.

Deshpande, P.B.; Salunkhe, D.K. *Effect of maturity and storage on certain biochemical changes in apricots and peaches*. Food Technology, v. 18, n. 8, p. 85-88, 1964.

Nienow, A.A. *Comportamento morfológico, fenológico e produtivo de cultivares de pessegueiro [Prunus pérsica (L.) Batsch], submetidos à poda de renovação após a colheita, na região de Jaboticabal, SP*. Jaboticabal, 1997. 171p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1997.

Produção de pêssego cresce e aparece. Revista Campo & Negócio Hortifruti, Minas Gerais, 2015. Disponível em: < http://www.revistacampoenegocios.com.br/producao-de-pessegos-cresce-e-aparece/>. Acesso em: 04 setembro 2017.

Protas, José Fernando da Silva; Madail, João Carlos M.. *Características econômicas e sociais da produção de pêssego no Rio Grande do Sul. Sistema de produção de pêssego de mesa na região da Serra Gaúcha.* Embrapa Uva e Vinho. Sistema de produção. 3. ISSN 1678-8761. Versão eletrônica. Jan. 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pessego/PessegodeMesaRegiaoSerraGaucha/>. Acesso em: 09 setembro de 2017.

Raseira, Maria do Carmo Bassols; Nakasu, Bonifácio Hideyuki; Ueno, B.; Scaranari, Ciro. *Pessegueiro: Cultivar BRS Kampai*. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.32, n.4, 2010.

Scaranari, Ciro; Raseira, Maria do Carmo Bassols; Barbosa, Wilson; Feldberg, Nelson Pires; Martins, Fernando Picarelli. *Catálogo de cultivares de pêssego e nectarina*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. (Documento 269).

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CINÉTICA DE PRODUÇÃO DE CAROTENOIDES DE Phaffia rhodozyma Y-17268 EM BIORREATOR BATELADA SIMPLES

Letícia Urnau[1]
Paloma Truccolo Reato[1]*
Fernanda Baldus[1]
Luana Gayeski[1]
Rosicler Colet[1]
Clarice Steffens[1]
Eunice Valduga[1]
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida Sete de Setembro, 1621 - CEP: 99709-910- Erechim – Rio Grande do Sul – Brasil.
*palomareato@gmail.com

Janaína Fernandes De Medeiros Burkert [2]
[2]Universidade Federal de Rio Grande, Avenida Itália, km 08- CEP: 96201-9000- Rio Grande- Rio Grande do Sul- Brasil.
jfmb@vetorial.net

Resumo. *A produção biotecnológica de carotenoides resulta em produtos seguros para aplicação em alimentos, sendo considerados produtos naturais, além disso é possível controlar a produção independente da matéria prima, de condições ambientais e permite a utilização de substratos de baixo custo, tais como resíduos agroindustriais. Assim, este trabalho teve por objetivo o estudo da cinética de bioprodução de carotenoides por* Phaffia rhodozyma *Y-17268 utilizando substratos agroindustriais em biorreator batelada simples. Para a realização das curvas cinéticas foram coletadas amostras de 50 mL a cada 12 h. A ruptura celular foi realizada com DMSO (dimetilsulfóxido) e a extração dos pigmentos com utilização de acetona. Os pigmentos foram espectrofotometricamente quantificados e assim determinou-se o teor de carotenoides específicos. Foram realizadas análises de glicerol residual, COT (carbono orgâncico total) e NT (nitrogênio total).. A concentração máxima de carotenoides totais obtidas foi de 2200 µg/L em 60 h de bioprodução. A máxima produção de biomassa foi verificada em 96 h de processo (4,88 g/L).*

Palavras-chave: *carotenoides, biorreator, resíduos agroindustriais, cinética.*

1. INTRODUÇÃO

A vasta aplicabilidade dos carotenoides resultam no aumento de sua demanda pelas indústrias. O β-caroteno é o carotenoide de maior consume, com um valor de mercado de 261 milhões de dólares em 2010, apresentando um crescimento anual de 3,1%. Em seguida no mercado de consumo encontram-se a luteína e a astaxantina (BCC, 2015).

Nas indústrias de alimentos, o principal objetivo na utilização dos carotenoides é colorir ou repor a cor dos alimentos perdida durante processamento ou armazenamento, e uniformizar a coloração de alguns produtos (Maldonade et al., 2008). Além disso, uma das características mais importantes dos carotenoides, é a sua capacidade de atuar como antioxidante, protegendo células e tecidos da ação dos radicais livres (Sowmya e Sachindra, 2012; Mata-Gómez, et al. 2014), precursor de vitamina A, podendo diminuir o risco de doenças degenerativas, tipos específicos de câncer e formação de catarata (Rodriguez-Amaya, et al. 2008; Ponka et al., 2015).

A produção de carotenoides por micro-organismos, através dos processos fermentativos, apresenta algumas vantagens: os pigmentos sintetizados são considerados naturais, alguns micro-organismos são capazes de se desenvolver em substratos de baixo custo, é necessário pequeno espaço para a etapa de síntese, esta não se encontra sujeita a alterações climáticas e, as condições de cultivo podem ser manipuladas de forma a estimular a produção de um carotenoide específico. Desta forma vários estudos estão direcionados a encontrar alternativas que possam induzir a síntese de carotenoides e/ou aumentar a eficiência destes sistemas biológicos de forma que eles sejam comercialmente viáveis (Ausich, 1997; Bhosale, 2004, Mata-Gómez et al. 2014). Além disso, o uso de substratos industriais baratos como fonte de nutrientes e a adequação das características de meio de cultivo fazem com que esse processo se torne industrialmente praticável, reduzindo assim o custo de produção (Das et al, 2007; Buzzini et al, 2005).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo estudar a cinética da bioprodução de carotenoides de *Phaffia rhodozyma* em biorreator empregando meio a base de resíduos agroindustriais.

2. METODOLOGIA

2.1 Micro-organismo e meio de cultura

A produção de carotenoides foi realizada com a levedura Phaffia rhodozyma Y-17268. Para o preparo do inóculo, uma alçada de células da cultura estoque foi transferida para um Erlenmeyer de 250 mL contendo 100 mL de meio YM (Yeast Malt Extract: 3 g/L de extrato de levedura, 3 g/L de extrato de malte, 5 g/L de peptona e 10 g/L de glicose).

O meio de bioprodução foi constituído por misturas de subprodutos agroindustriais: 100 g/L de água de maceração de milho (AMM), 20 g/L de água de parboilização de arroz (APA) e 100 g/L de glicerol bruto (resíduo da produção de biodiesel).

2.2 Bioprodução em biorreator

Os ensaios foram realizados em Biorreator Biostat com capacidade de 2 L, por 96 horas, com agitação de 250 rpm, aeração de 1,5 vvm, temperature de 25ºC e pH inicial do meio de 4,0. Foi utilizado o antiespumante FG10 Dow Corning, previamente esterilizado em frasco em ultraviolet durante 40 min.

2.3 Parâmetros cinéticos de bioprodução

Com o objetivo de verificar a cinética de consumo de substrato (carbono, glicerol e nitrogênio), produção celular e produção de carotenoides realizaram-se coletas de 50 mL a cada 12 horas, possibilitando assim, a posterior construção das curvas cinéticas.

2.4 Recuperação de carotenoides

Inicialmente, as amostras foram centrifugadas a 4478 x g, 5ºC por 10 min e realizada lavagem com éter etílico para remoção de resíduos de glicerol na célula. As mesmas foram congeladas em freezer a -80ºC por 5 h e secas em liofilizador por 36 h. Para o rompimento celular utilizou-se 0,05 g de células secas, nas quais adicionou-se 2 mL de dimetilsufóxido – DMSO. As amostras foram submetidas a homogeneização em agitador orbital a 150 rpm, 35ºC por 60 min (Urnau, 2014). Em seguida, foram adicionados 4 mL de acetona, seguido de centrifugações (4478 x g, 5ºC, 10 min). O sobrenadante foi separado e realizaram-se extrações sucessivas, até que o solvente e as células apresentam-se sem coloração. Nas fases solventes (sobrenadante) foram adicionados 10 mL da solução de cloreto de sódio 20 % (p/v) e 10 mL de éter de petróleo. Após agitação e separação de fases foi realizado uma filtração com a adição de 2 g de sulfato de sódio e retirada a fase sobrenadante com o auxílio de uma pipeta. Posteriormente, os pigmentos foram quantificados pelo método espectrofotométrico.

2.5 Determinações analíticas

2.5.1 Determinação de carotenoides específicos

A absorbância da amostra após extração foi medida em espectrofotômetro. A concentração total de carotenoides foi estimada através do valor medido da máxima absorbância a 474 nm, utilizando a equação descrita por Davies (1976). O coeficiente de absorbância utilizado foi o referente a astaxantina: E 1%1cm = 2100, para o éter de petróleo (Silva et al., 2008).

Os resultados da concentração de carotenoides foram expressos em termos de carotenoides específicos (µg/g) através da Equação 1:

$$CE = \frac{A * V * 10^6}{A_{1cm} * 100 * m} \quad (1)$$

Onde: A é a absorbância, V é o volume de corante produzido, A1cm é o coeficiente de extinção para as xantofilas (2100) e m é a massa de amostra utilizada.

2.5.2 Determinação de carotenoides totais

Para determinação de carotenoides totais (µg/L) levou-se em consideração o teor de carotenoides específicos (µg/g) e a produção de células (liofilizada) em um litro de meio de cultura (g/L).

2.5.3 pH

A evolução do pH durante a bioprodução foi acompanhada através do uso de pHmetro digital.

2.5.4 Teor de glicerol do meio

A determinação da concentração de glicerol seguiu o método descrito por Cocks & Van Rede (1966). O método baseia-se na reação da amostra que contém glicerol com periodato de sódio em solução aquosa para produzir formaldeído e ácido fórmico. O ácido foi quantificado por titulação da amostra com NaOH 0,125 mol/L.

2.5.4 Carbono orgânico total (COT) e Nitrogênio total (NT)

Os teores de Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total (NT) foram determinados pelo método da oxidação por combustão catalítica a 680°C para COT e 720°C para NT com detecção por infravermelho. As amostras foram diluídas 100 vezes em água ultrapura, antes da leitura no equipamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 (Tabela 1) apresenta as cinéticas de crescimento celular (biomassa), da bioprodução de carotenoides totais, a evolução do pH e consumo dos substratos dos ensaios realizados em batelada em biorreator com o meio com resíduos. Segundo análise da Figura 1, a concentração máxima de carotenoides totais foi de 2200,29 µg/L obtida em aproximadamente 60 h do início da bioprodução. Com relação a produção de biomassa, a mesma apresentou-se crescente durante praticamente todo o processo (96 h), assim como o consumo de substrato. A diminuição na produção de carotenoides totais após 60 h, mesmo com aumento da biomassa até o fim do processo pode estar relacionada à formação de compostos secundários, como por exemplo a β-ionona que é formada pela oxidação dos carotenoides (Valduga, 2008).

Tabela 1. Cinética da bioprodução de carotenoides, biomassa da levedura *P. rhodozyma*, evolução do pH e consumo de carbono orgânico total, nitrogênio e glicerol para ensaio em batelada.

Tempo (h)	Biomassa (g/L)	pH	Carotenoides Específicos (µg/g)	Carotenoides Totais (µg/L)	COT (g/L)	NT (g/L)	Glicerol (g/L)
0	0,105	4	15,26	1,6	18,97	0,1809	34,42
12	0,185	4,2	63,28	11,7	19,03	0,1708	34,49
24	0,983	5,01	237,24	233,2	16,22	0,0944	34,94
36	1,48	6,54	488,73	732,2	12,83	0,081	31,9
48	2,06	6,55	608,92	1254,37	15,36	0,0931	26,16
60	2,75	6,53	629,47	2200,29	14,35	0,0962	27,58
72	3,32	6,45	638,79	2036,13	14,15	0,0911	27,32
78	3,79	6,38	601,87	2076,18	13,65	0,0912	25,88
84	3,81	6,35	491,93	1481,64	11,16	0,0841	23,40
96	4,88	6,32	489,25	1602,83	11,85	0,0781	22,9

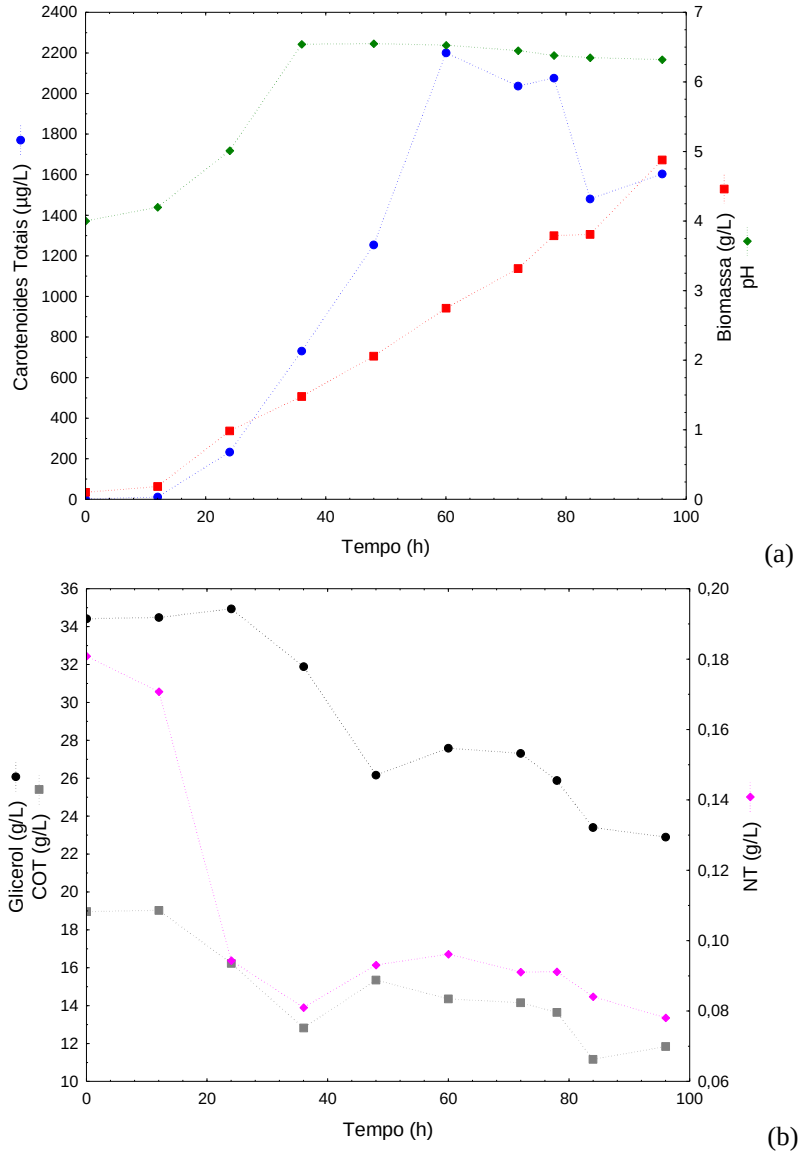


Figura 1. Cinética de produção de carotenoides totais, biomassa e pH (a), consumo de substratos: glicerol, COT e NT (b) para ensaio em biorreator batelada simples com a levedura *P. rhodozyma*.

Silva et al. (2016) em estudo similar, utilizando resíduos agroindustriais (glicerol bruto e AMM) na produção de carotenoides de *P. rhodozyma* em frascos agitados durante 168 h obteve máxima concentração de carotenoides específicos de 326,8 µg/g. Quando se comparam esses resultados aos obtidos em biorreator batelada simples, verifica-se que a produção teve um incremento de aproximadamente 50%.

4. CONCLUSÕES

A máxima concentração de carotenoides obtida (2209,29 µg/L) em produção em biorreator foi aproximadamente 50% maior utilizando resíduos agroindustriais com um tempo de bioprodução inferior (60 h) em relação a estudos da literatura.

5. AGRADECIMENTOS

À URI, à CAPES, ao CNPq e à FAPERGS pelo suporte financeiro e estrutura para realização desse trabalho.

6. REFERÊNCIAS

Ausich, R. L., 1997. "Commercial opportunities for carotenoid production by biotechnology". *Pure & Applied Chemistry*, v. 69, n. 10, p. 2169-2173.

Bhosale, P., 2004. "Environmental and cultural stimulants in the production of carotenoids from microorganism". *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 63, p. 351-361.

Buzzini, P.; Martini, A.; Gaetani M.; Turchetti, B.; Pagnoni, U. M.; Davoli, P., 2005. "Optimization of carotenoid production by *Rhodotorula graminis* DBVPG 7021 as a function of trace element concentration by means of response surface analysis". *Enzyme and Microbial Technology*, v. 36, p. 687 – 692.

Das, A.; Yoon, S- H.; Lee, S- L.; Kim, J- Y.; Oh, D- K.; Kim, S- W., 2008. "An update on microbial carotenoid production: application of recent metabolic engineering tools". *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 77, p. 505–512.

Maldonade, I. R.; Rodriguez-Amaya, D.B.; Scamparini, A.R.P., 2008. "Carotenoids of yeasts isolated from the Brazilian ecosystem". *Food Chemistry*, v.107, p. 145-150.

Mata-Gómez, L.C.; Montanez, J.C.; Méndez-Savala, A.; Aguilar, C.N., 2014. "Biotechnological production of carotenoids by yeasts: an overview". *Microbial cell factories*, v.13, p. 13-23.

Ponka, R., Fokou, E., Kansci, G., Beaucher, E., Piot, M., Leonil, J., Gaucheron, F., 2015. "Amino acids, major carotenoids and vitamin A activity of some traditional sauces consumed in the Far North Region of Cameroon". *Journal of Food Composition and Analysis*., v. 43, p. 88-95.

Rodrigues-Amaya, D.B; Kimura, M.; Amaya-Farfan, J., 2008. "Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos". Brasília: MMA/SBF.

Sowmya, R.; Sachindra, N.M., 2012. "Evaluation of antioxidant activity of carotenoid extract from shrimp processing byproducts by in vitro assays and in membrane model system". *Food Chemistry*, v. 134, p. 308-314.

Silva, P.L.L., 2008. "Avaliação comparativa da formação de biomassa, astaxantina e parede celular das cepas mutante PR-18 e selvagem da levedura *Phaffia rhodozyma*". *Dissertação de Mestrado em Ciências Farmacêuticas* - Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba.

Urnau, L., 2014. "Produção e recuperação de carotenoides de *Xanthophyllomyces dendrorhous* Y-10921". *Dissertação de mestrado em Engenharia de Alimentos***.** Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Erechim.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

MAXIMIZAÇÃO DA BIOPRODUÇÃO DE CAROTENOIDES EM BIORREATOR ATRAVÉS DO CONTROLE DA AERAÇÃO E AGITAÇÃO

Paloma Truccolo Reato[1]
palomareato@gmail.com
Letícia Urnau[1]
letiurnau@gmail.com
Fernanda Baldus[1]
baldusfe@gmail.com
Luana Gayeski[1]
luanagayeski13@gmail.com
Clarice Steffens[1]
clarices@uricer.edu,br
Eunice Valduga[1]
veunice@uricer.edu.br
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida Sete de Setembro, 1621 – CEP 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil

Resumo. *Carotenoides são pigmentos responsáveis por atribuir coloração vermelha, amarela ou laranja nos compostos em que estão presentes. Esses pigmentos são encontrados com abundância na natureza, mas, ainda assim, o método de produção sintético de tais pigmentos predomina no volume total utilizado na indústria. Na bioprodução de carotenoides foi encontrado um meio alternativo que diminui o impacto negativo causado pela utilização de compostos sintéticos em produtos alimentícios. Para tal, a levedura* Phaffia rhodozyma *Y-17268 foi utilizada e o meio de bioprodução foi constituído por mistura de subprodutos agroindustriais (água de maceração de milho, água de parboilização de arroz, glicerol bruto e Prodex Lac® Sd)A. A partir de resultados previamente obtidos, definiu-se os volumes utilizados de cada substrato. Os ensaios em batelada foram realizados em biorreator de 2 L por 96h sem iluminação. Após concluídos, as amostras foram centrifugadas e liofilizadas para que o rompimento celular da biomassa fosse realizado. Para tanto, 2 mL de dimetilsulfóxido foram adicionados às células secas e as amostras foram homogeneizadas em agitador orbital a 150 rpm, 35ºC por 60 min. O método espectrofotométrico foi utilizado para quantificar os pigmentos. A máxima concentração de carotenoides totais foi de 2173,53 µg/L quando a aeração era de 1,5 vvm e a agitação 180 rpm.*

Palavras-chave: *Carotenoides. Bioprodução. Biorreator.*

1. INTRODUÇÃO

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis encontrados em fungos, bactérias, tecidos de plantas verdes e também em animais (Mezzomo, 2012). Apresentam capacidade corante, que provem da presença de uma longa série de duplas ligações conjugadas, que é também responsável por suas propriedades antioxidantes (Macías-Sanchez et al., 2010).

Tais pigmentos estão amplamente distribuídos na natureza, mas mesmo assim, em todo o mundo, o volume de produção é dominado pelos métodos sintéticos. No entanto, o impacto negativo causado por compostos sintéticos em produtos alimentícios, está forçando as indústrias a buscarem uma alternativa, e a produção biotecnológica vem sendo uma opção para esses mercados (Mattea; Martín; Cocero, 2008).

A produção de carotenoides por micro-organismos é afetada por fatores físicos sendo eles: luminosidade, temperatura e oxigênio e, pela composição do meio de cultivo (fonte de carbono e de nitrogênio, presença de aminoácidos, de íons metálicos, de solventes orgânicos e de outros compostos químicos que poderão agir como precursores da rota biossintética de produção do pigmento), os quais variam em intensidade e concentração de acordo com as necessidades de cada micro-organismo. Esses fatores podem ser manuseados e assim resultar em uma influência negativa positiva ou até mesmo negativa na biossíntese destes pigmentos. Estes fatores podem ser empregados como estratégias para aumento da produção ou para induzir a síntese de um carotenoide específico (Bhosale, 2004).

A vasta aplicabilidade dos carotenoides resulta no aumento de sua demanda pelas indústrias de alimentos, cosméticos e fármacos, cujo mercado mundial foi avaliado em 1,2 bilhões em 2010, com uma expectativa de

crescimento para 1,4 bilhões em 2018, com uma taxa composta de crescimento anual de 2.3 %. Tal fato permitiu que houvesse grande interesse dos pesquisadores em descobrir novas fontes, processos e técnicas que pudessem ser empregadas para intensificar a produção destes pigmentos por micro-organismos, considerando que os carotenoides obtidos através de síntese química ou da extração de algumas plantas envolvem um grande número de reações complexas, enquanto que estes mesmos carotenoides estão presentes naturalmente em microalgas, bactérias, leveduras e fungos (Fábregas et al., 2001; Bhosale et al., 2004; Hui et al., 2007).

Qualquer melhoria alcançada na produtividade do metabolismo microbiano, em geral, através da manipulação dos parâmetros físico-químicos e nutricionais pode alterar significativamente o rendimento do produto de interesse. Além disso, há possibilidade, neste caso, de utilizar produtos agrícolas de baixo custo e resíduos como soro de queijo na bioprodução de carotenoides. (Frengova et al., 1994; Aksu e Eren, 2005, Valduga et al, 2009c), mosto de uva (Buzzini e Martini, 1999), derivados do processamento da cana-de-açúcar (Fontana et al., 1996; Valduga et al, 2008), do processamento de milho (Loss, 2009; Valduga et al, 2008); da produção de biodiesel (Saenge et al., 2011) e da parboilização de arroz (Colet et al., 2015) como forma de reduzir os custos de produção e a emissão destes subprodutos industriais e agroindustriais no ambiente, considerando que estes são ricos em açúcares e matéria orgânica. No contexto nacional, o Brasil é rico em subprodutos desta natureza facilitando assim estes estudos.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo a produção de carotenoides em biorreator através do controle da agitação e da aeração.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Micro-organismo

A produção de carotenoides foi realizada com a levedura *Phaffia rhodozyma* Y-17268. Para o preparo do inóculo, uma alçada de células da cultura estoque foi transferida para um erlenmeyer de 250 mL contendo 100 mL de meio YM (Yeast Malt Extract): 3 g/L de extrato de levedura, 3 g/L de extrato de malte, 5 g/L de peptona e 10 g/L de glicose . O meio foi previamente esterilizado em autoclave a 121ºC por 15 min, e então, realizou-se a incubação em agitador orbital a 25°C, 180 rpm por aproximadamente 48 h.

2.2 Bioprodução de carotenoides

O meio de bioprodução foi constituído por misturas de subprodutos agroindustriais: água de maceração de milho (AMM), cedida pela Corn Products – Mogi Guaçu/SP, água de parboilização do arroz (APA), cedida pela Indústria Nelson Wendt de Pelotas/RS, glicerol bruto (subproduto da produção de biodiesel) produzido no Laboratório de Termodinâmica Aplicada da URI Erechim e Prodex Lac® Sd (hidrolisado de levedura), cedida pela Empresa Bio Springer de Valinhos/SP.

Os ensaios da bioprodução de carotenoides em batelada foram realizados em Biorreator Biostat B (Braun Biotech International) de 2 L, por 96 h, sem iluminação. O antiespumante FG 10 Dow Corning utilizado, foi previamente esterilizado em frasco em ultravioleta durante 40 min.

Com os resultados dos planejamentos experimentais em frascos agitados, definiu-se para a bioprodução em biorreator um meio composto de 100 g/L de glicerol bruto, 100 g/L de água de maceração de milho e 20 g/L de água de parboilização de arroz. Um volume inicial de 900 mL do meio de cultura foi autoclavado no biorreator. Após o resfriamento do sistema, foram adicionados 100 mL do pré-inoculo ao biorreator, inicializando-se assim, a produção nas condições: pH inicial 4,0, tempo de fermentação de 96 h, temperatura de 25°C. As variáveis agitação e aeração foram variadas utilizando-se um planejamento 2^2 completo, descrito na Tabela 1.

Tab. 1. Variáveis Independentes e níveis utilizados no planejamento fatorial completo 2^2.

		Níveis				
Variáveis Independentes*	**Códigos**	**-1,41**	**-1**	**0**	**1**	**1,41**
Aeração (vvm)	**X_1**	**0,8**	**1**	**1,5**	**2**	**2,2**
Agitação (rpm)	**X_2**	**25**	**70**	**180**	**290**	**335**

**Variáveis Independentes Fixas:* 25ºC, pH inicial 4,0, 96 h.

2.3 Recuperação de carotenoides

Inicialmente, as amostras foram centrifugadas a 4478 x g, 5ºC por 10 min e realizada lavagem com álcool etílico para remoção de resíduos de glicerol na célula. As mesmas foram congeladas em freezer a -80ºC por 5 h e secas em liofilizadas por 36 h. Após a liofilização, a quantidade de biomassa produzida foi quantificada em balança semi-analítica.

Para o rompimento celular utilizou-se 0,05 g de células secas, nas quais adicionou-se 2 mL de dimetilsufóxido – DMSO. As amostras foram submetidas a homogeneização em agitador orbital a 150 rpm, 35ºC por 60 min (Urnau, 2014).

Em seguida, foram adicionados 4 mL de acetona, seguido de centrifugações (4478 x g, 5ºC, 10 min). O sobrenadante foi separado e realizaram-se extrações sucessivas, até que o solvente e as células apresentam-se sem coloração. Nas fases solventes (sobrenadante) foram adicionados 10 mL da solução de cloreto de sódio 20 % (p/v) e 10 mL de éter de petróleo. Após agitação e separação de fases foi realizado uma filtração com a adição de 2 g de sulfato de sódio e retirada a fase sobrenadante com o auxílio de uma pipeta. Posteriormente, os pigmentos foram quantificados pelo método espectrofotométrico.

2.4 Determinações analíticas

2.4.1 Determinação dos carotenoides específicos

A absorbância da amostra após extração foi medida em espectrofotômetro. A concentração total de carotenoides foi estimada através do valor medido da máxima absorbância a 474 nm, utilizando a equação descrita por Davies (1976). O coeficiente de absorbância utilizado foi o referente a astaxantina: E 1%1cm = 2100, para o éter de petróleo (Silva et al., 2008).

Os resultados da concentração de carotenoides foram expressos em termos de carotenoides específicos (µg/g) através da Equação 1:

$$CE = \frac{A * V * 10^6}{A_{1cm} * 100 * m} \quad (1)$$

Onde: A é a absorbância, V é o volume de corante produzido, A1cm é o coeficiente de extinção para as xantofilas (2100) e m é a massa de amostra utilizada.

2.4.2 Determinação de carotenoides totais

Para determinação de carotenoides totais (µg/L) é realizada a multiplicação do teor de carotenoides específicos (µg/g) pela produção de células (já liofilizadas) em um litro de meio de cultura (g/L).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a matriz do planejamento fatorial completo 2^2 e a resposta em carotenoides específicos (µg/g) e carotenoides totais (µg/L), após tratamento de ruptura celular com DMSO.

Tab. 2. Matriz do planejamento fatorial completo 2^2 (valores codificados e reais) e resposta em carotenoides totais e específicos.

Ensaios	*Variáveis Independentes		Carotenoides específicos	Carotenoides totais
	X_1	X_2	(µg/g)	(µg/L)
1	-1 (1)	-1 (70)	204,1	1067,44
2	1 (2)	-1 (70)	305,31	742,6
3	-1 (1)	1 (290)	488,42	2379,82
4	1 (2)	1 (290)	419,56	2045,51
5	-1,41 (0,8)	0 (180)	247,7	1295,37
6	1,41 (2,2)	0 (180)	319,42	1776,01
7	0 (1,5)	-1,41 (25)	275,3	1120,33
8	0 (1,5)	1,41 (335)	262,85	1421,96
9	0 (1,5)	0 (180)	360,09	2068,54
10	0 (1,5)	0 (180)	350,7	2173,53
11	0 (1,5)	0 (180)	355,395	2121,035

* X_1 – aeração (vvm), X_2 – agitação (rpm)

A Equação 2 apresenta o modelo codificado de segunda ordem, que descreve os carotenoides totais em função das variáveis analisadas (aeração e agitação), dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, onde obteve-se um coeficiente de correlação de 0,84 e o F calculado de 1,29 vezes maior que o valor tabelado, os quais permitiram a construção de superfície de resposta apresentada na Figura 2.

$$CE = 2120{,}401 - 507{,}876\ X12 + 762{,}415\ X2 - 774{,}05\ X22 \quad (2)$$

Onde: CE = Carotenoides totais (µg/L); X1=aeração (vvm); X2= agitação (rpm)

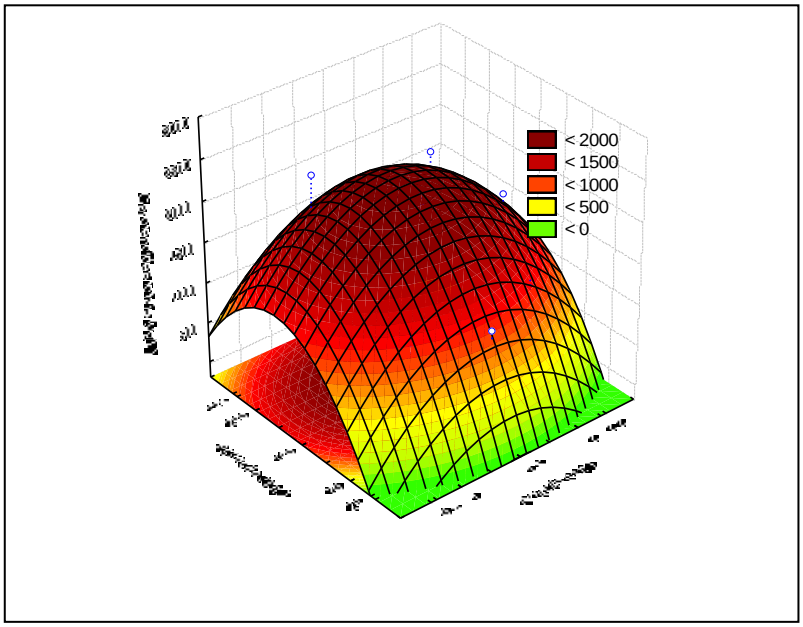


Fig. 1 - Superfície de resposta para recuperação de carotenoides totais (µg/L) em função da aeração (vvm) e agitação (rpm).

De acordo com a Figura 1 verifica-se que na faixa do ponto central, houve uma máxima concentração de carotenoides totais (2173,53 µg/L) com aeração na faixa próxima de 1,5 vvm e agitação de 180 rpm.

4. CONCLUSÃO

Após a realização dos experimentos e do levantamento dos resultados no estudo dos efeitos da agitação e da aeração na bioprodução de carotenoides, foi possível verificar que a máxima concentração de carotenoides totais ocorreu quando a areação era próxima da região de 1,5 vvm e a agitação era de 180 rpm. Tal concentração foi de 2173,53 µg/L.

5. AGRADECIMENTOS

À URI, à CAPES, ao CNPq e à FAPERGS pelo suporte financeiro e estrutura para realização desse trabalho.

6. REFERÊNCIAS

Aksu, Z.; and Eren, A. T., 2005. "Carotenoids production by the yeast *Rhodotorula mucilaginosa*: use of agricultural wastes as a carbon source." *Process Biochemistry* vol. 40, p. 2985–2991.

Bhosale, P., 2004. "Environmental and cultural stimulants in the production of carotenoids from microorganism." *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 63, p. 351-361.

Buzzini, P. and Martini, A., 1999. "Production of carotenoids by strains of Rhodotorula glutinis cultured in raw materials of agro-industrial origin." *Bioresources Tecnology*, vol. 71, p. 41-44.

Colet, R.; Di Luccio, M.; and Valduga, E., 2015. "Fed-batch production of carotenoids by *Sporidiobolus salmonicolor* (CBS 2636): kinetic and stoichiometric parameters." *European Food Research & Technology*, vol. 240, p. 173-182.

Fábregas, J.; Otero, A.; Maseda, A.; and Domínguez, A., 2001. "Two-stage cultures for production of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*." *Journal of Biotechnology*, vol. 89, p. 65-71.

Fontana, J.D.; Czeczuga, B.; Bonfim, T.M.B.; Chocial, M.B.; Oliveira, B.H.; Guimarães, M.F.; and Baron, M., 1996. "Bioproduction of carotenoids: the comparative use of raw sugarcane juice and depolymerized bagasse by Phaffia Rhodozyma." *Bioresource Technology*, vol. 58, p. 121-125.

Frengova, G.; Simova, E.; and Pavlova, K., 1994. "Formation of carotenoids by *Rhodotorula glutinis* in whey ultrafiltrate." *Biotechnology and Bioengineering*, 44:888-894.

Hui, N.I.; Qi-He, C.; Hui, R.; Yuan-Fan, Y.; Li-Jun, L.I.; Guang-Bin, W.U.; Yang, H.U.; and Guo-Qing, H.E., 2007. "Studies on optimization of nitrogen sources for astaxanhin production by *Phaffia rhodozyma*." *Journal of Zhejiang University Science B,* vol. 8, p. 365-370.

Loss, E. M. S., 2009. Aproveitamento de resíduos da cadeia produtiva do milho para cultivo de cogumelos comestíveis. *Dissertação de Mestrado em Ciências dos Alimentos* - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas.

Macías-Sánchez, M. D.; Fernandez-Sevilla, J.M.; Acién Fernandez, F.G.; Cerón Garcia, M.C.; and Grimma, E.M., 2010. "Supercritical fluid extraction of carotenoids from *Scenedesmus almeriensis*." *Food Chemestry*. vol. 123, p. 928–935.

Mattea, F.; Martín, A.; and Cocero, M. J., 2008. "Carotenoid processing with supercritical fluids." *Journal of Food Engineering*. vol. 93, p. 255-265.

Mezzomo, N., 2012. Extração e encapsulamento de compostos com importância tecnológica e biológica proveniente do resíduo de processamento de camarão. 2012. *Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos)* – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

Saenge, C.; Cheirsilp, B.; Suksaroge, T.T.; and Bourtoom, T., 2011. "Potential use of oleaginous red yeast *Rhodotorula glutinis* for the bioconversion of crude glycerol from biodiesel plant to lipids and carotenoids." *Process Biochemistry*, vol. 46, p. 210–218.

Silva, P.L.L., 2008. Avaliação comparativa da formação de biomassa, astaxantina e parede celular das cepas mutante PR-18 e selvagem da levedura Phaffia rhodozyma. *Dissertação de Mestrado em Ciências Farmacêuticas - Universidade Federal do Paraná (UFPR)*, Curitiba.

Urnau, L., 2014. Produção e recuperação de carotenoides de Xanthophyllomyces dendrorhous Y-10921. *Dissertação de mestrado em Engenharia de Alimentos.* Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Erechim.

Valduga, E.; Tatsch, P. O.; Tiggemann, L.; Zeni, J.; Colet, R.; Cansia, J. M.; Treichel, H.; and Di Luccio, M., 2009c. "Evaluation of the conditions of carotenoids production in a synthetic medium by *Sporidiobolus salmonicolor* (CBS 2636) in a bioreactor." *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 44, p. 2445-2551.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

REÚSO DE ÁGUA RESIDUAL EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

Patrícia Griep[1]
Janaine Ferreira[1]
Juliana Steffens[1]
[1]Ciências Agrárias – URI - Campus Erechim / Av. Sete de Setembro, 1621, Erechim – RS
patygriep_@hotmail.com*, janaine_ferreira@outlook.com, julisteffens@uricer.edu.br

Maria Teresa Martins Borges[2]
Ruth Maria de Oliveira Pereira[2]
[2]Universidade do Porto – Faculdade de Ciências / Rua do Campo Alegre 1021/1055 Porto, Portugal
mtborges@fc.up.pt, ruth.pereira@fc.up.pt

Resumo. *Para os diversos setores industriais o recurso água é de primordial relevância, considerando as quantidades e a qualidade necessárias para condução de seus processos. A eminente escassez da água, devido ao crescimento populacional e as inúmeras atividades industriais, pressionam para a realização de estudos sobre as maneiras de conservá-la. Nesse contexto, a reutilização das águas residuais passa a ser um tema de grande investigação e importância, pois garante a preservação deste recurso. Sendo assim o objetivo deste trabalho foi, por meio de uma revisão bibliográfica, apresentar as terminologias de reúso, identificar as aplicações da água residual no segmento industrial e os requisitos gerais de qualidade. Conclui-se que industriamente, as águas residuais podem ser reutilizadas em torres de arrefecimento, caldeiras e em processos nos segmentos da indústria de polpa e papel, têxteis, petróleo e carvão, entre outros. É uma temática que ainda deverá ser abordada por inúmeros estudos visto os diversos aspectos sobre o reúso, tecnologias e requistidos de qualidade da água de reúso a serem explorados e melhorados.*

Palavras-chave*: Reúso da Água. Aplicações Industriais. Tratamento de Águas Residuais*

1. INTRODUÇÃO

A água é sem dúvida o bem mais precioso para o ser humano e também para qualquer processo industrial existente (Gauto, 2013). É um recurso essencial para o equilíbrio dos ecossistemas e para a existência de todas as formas de vida na Terra (Ibrahin, 2015; Bittencourt, 2014).

Entretanto, os recursos hídricos estão se tornando cada vez mais escassos, pois para além da sua utilização no suporte à vida, (Mierzwa, 2002; Kirby, 2003) a água é empregada para transporte de pessoas e mercadorias, produção e geração de energia, recreação e paisagismo, processos industriais e processamento de alimentos, nas etapas de diluição, transporte e resfriamento das transformações da matéria-prima (Ibrahin, 2015; Corwin, L.D. e Bradford, 2008).

Este estresse hídrico resultante do aumento de consumo de água proveniente das fontes tradicionais somado a crescente exigência nos padrões legais de emissão de efluentes líquidos, custos de captação, uso e descarte da água e consciência da comunidade mundial quanto a importância de conservar este bem tão valioso, têm tornado o reuso da água cada vez mais essencial para que a indústria possa manter suas operações e se expandir (Gauto, 2013; Victorino, 2007).

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo investigar as oportunidades de reúso das águas residuais na indústria, o que poderia economizar grandes volumes de água retirada diretamente das fontes tradicionais. Trata-se de uma revisão bibliográfica baseada na exploração de estudos realizados acerca do assunto. Procurou-se reunir as principais informações relativas a reutilização das águas residuais nas indústrias, bem como abordar alguns aspectos referentes a qualidade da água para os diversos usos.

2. CONCEITO DO REÚSO DE ÁGUAS

O reúso das águas residuais surge da necessidade de uma estratégia de conservação da água, um bem essencial que se torna cada vez mais escasso também a uma escala global (Costa, 2008).

Embora amplamente discutido atualmente, o conceito de reúso é tão antigo quanto a própria existência da água no Planeta, pois ela tem um mecanismo natural de circulação que promove o processo de autodepuração, e a torna reutilizável para os mais diversos fins (Mierzwa, 2005).

De maneira geral, a definição mais aceita mundialmente para o termo reúso da água é: "uso de efluentes tratados para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis" (Mierzwa, 2002).

O reúso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não planejadas. A World Health Organization lançou em 1973 (WHO, 1973) um documento onde foram classificados os tipos de reúso da água em diferentes modalidades, a saber:

Reúso direto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;

Reúso indireto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;

Reciclagem interna: é o reúso da água internamente a instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Reuso planejado de água: ocorre quando o reuso é resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. O reuso planejado das águas pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água. O reuso planejado pode ser denominado reuso intencional da água.

Com base nesses fundamentos, aprofunda-se a seguir o conceito de reúso das águas residuais para fins industriais buscando as principais aplicações e qualidade requerida em cada aplicação

3. APLICAÇÕES DAS ÁGUAS RESIDUAIS EM INDÚSTRIAS

As principais indústrias que utilizam a água são as que produzem aço, produtos químicos, produtos de papel e derivados, refinarias de petróleo e as indústrias alimentares (Metcalf e Eddy, 2003; Casani, Rouhany e Knochel, 2005).

Dependendo do processo industrial, a água pode ser tanto matéria-prima, incorporada ao produto final, como um composto auxiliar na preparação de matérias-primas, fluido de transporte, fluido de aquecimento e/ou refrigeração ou nos processos de limpeza de equipamentos (Mierzwa, 2005).

Uma maneira de reutilizar a água, particularidade possível para indústria, é a reciclagem, que são os casos de reúso interno às instalações. (Mancuso, 2003). Trata-se de efetuar a reciclagem de efluentes de quaisquer processos industriais nos próprios processos nos quais são gerados, ou em outros processos que se desenvolvem em sequência e que suportam qualidade compatível com o efluente em questão. (Leite, 2003; Moruzzi, 2008).

Exemplos típicos são os que ocorrem em operações de pintura em indústrias automobilísticas, de eletrodomésticos, siderúrgicas e cervejarias (Mancuso, 2003; U. S. EPA, 1992). As águas de lavagem intermediárias sucessivas, oriundas da decapagem, desengorduramento e fosfatização, após tratamento, podem ser reciclados no próprio processo de lavagem (Leite, 2003).

Na indústria, a água também pode ser reutilizada para fins sanitários como lavagens de cozinhas, banheiros, pisos, galpões industriais e de algumas peças mecânicas, instalações, equipamentos, máquinas, rega de áreas verdes e sistemas de combate a incêndios (como hidrantes e sistemas fixos) (Romario, 2006; Costa e Júnior, 2007).

Como exemplo, pode-se citar a Coca-Cola que instalou circuitos de reciclagem e recuperação em 12 de seus sistemas de tratamento de água na América do Norte e Europa. Esses ciclos permitem que as instalações reutilizem a água processada em torres de resfriamento, caldeiras ou limpeza, economizando uma média de 57 milhões de galões (220 milhões de litros) de água por sistema anualmente (U. S. EPA, 2012).

Como visto, há inúmeros casos em que as águas residuais podem ser reutilizadas para fins industriais, mas para cada aplicação existem diferentes exigências de qualidade. A seguir são discutidas as principais aplicações da água residual das indústrias e seus padrões de exigência quanto a qualidade da água.

3.1 Reúso da Água em Sistemas de Arrefecimento

Para indústrias como estações de geração de energia elétrica, refinação de petróleo e muitos outros tipos de plantas de manufatura, um quarto para mais da metade do uso total de água pode ser água para as torres de resfriamento (Metcalf e Eddy, 2003). Sendo assim, uma aplicação é usar água residual nos sistemas de resfriamento uma vez que constitui a maior demanda de água para as indústrias e geralmente não requer água de alta qualidade (Carvalho e Machado, 2010).

O princípio básico do funcionamento da torre de resfriamento é o da condensação de evaporação e da troca de calor sensível (Metcalf e Eddy, 2003), em outras palavras, o arrefecimento é conseguido parcialmente pela evaporação de uma fração da água e em parte pela transferência de calor sensível (Mohiuddin e Kant, 1996). A mistura de ar e água liberta calor latente de vaporização. A água exposta à atmosfera se evapora e à medida que a água muda para vapor, o calor é consumido (Metcalf e Eddy, 2003).

Nos sistemas de resfriamento com recirculação, a água utilizada retira calor do processo industrial, em seguida libera esse calor, ou por evaporação, ou em torres de resfriamento e retorna ao processo (Mancuso, 2003).

Desse modo, uma parte da água é perdida como vapor para a atmosfera e outra deve ser descartada para evitar um aumento excessivo de sais, o que obriga a introdução contínua de água de reposição (make-up) no processo (U. S. EPA, 2012).

A Tabela 1 mostra os critérios de qualidade recomendados pela Environmental Protection Agency (U.S. EPA, 1992) para água de reposição em sistemas de resfriamento.

Em relação a qualidade da água, os problemas mais frequentes que devem ser considerados no tratamento de água para reúso em sistema de resfriamento são incrustações, corrosões, crescimento biológico, entupimentos e formação de espumas (Mancuso, 2001).

Tabela 1. Critérios de qualidade de água de resfriamento recomendados para água de reposição em sistema de recirculação.

Parâmetro[a]	Limite Recomendado[B]
Cl^-	500
Sólidos Totais dissolvidos	500
Dureza	650
Alcalinidade	350
pH	6,9 - 9,0
DQO*	75
Sólidos em suspensão totais	100
Turbidez	50
DBO*	25
Material orgânico[c]	1,0
NH_4-N	1,0
PO_4	4
SiO_2	50
Alcalinidade	0,1
Fe	0,5
Mn	0,5
Ca	50
Mg	0,5
HCO_3	24
SO_4	200

[a] – Todos os valores em mg/L, exceto pH.
[b] – Water Pollution Control Federation, 1989.
[c] – Substâncias ativas ao azul de metileno.
*- As siglas mostradas representam o seguinte: DQO - Demanda química de oxigênio; DBO - Demanda bioquímica de oxigênio.
Fonte: U.S Environmental Protection Agency, 1992.

3.2 Reúso da Água para Alimentação de Caldeiras

As caldeiras são equipamentos destinados basicamente à produção de vapor, seja ele saturado ou superaquecido. O vapor é utilizado como agente transportador de energia, aquecimento, para produção de trabalho mecânico e processos de esterilização de materiais (ANDRADE, 2014; PEREIRA, 2009).

O tratamento da água residual para a alimentação da caldeira difere pouco do feito para a água de abastecimento público uma vez que ambos requerem um tratamento adicional extenso. A qualidade e os requisitos para água de alimentação da caldeira dependem da pressão a qual a caldeira é operada. De modo geral, quanto maior a pressão, maior a qualidade da água necessária (U.S. EPA, 1992; U.S. EPA, 2004).

Machado (2004) recomenda o abrandamento e/ou desmineralização da água a fim de se otimizar a qualidade da água de alimentação para um bom funcionamento das caldeiras. A dureza elevada promove incrustações, prejudica a transferência de calor e a eficiência da caldeira, com isso é necessário o aumento das operações de limpeza e de manutenção preventiva para evitar acidentes. Adicionalmente, é também necessário o controle de cálcio e magnésio, sílica e alumínio, uma vez que são os principais causadores da formação de camadas nas caldeiras (U.S, EPA, 2004). A Tabela 2. apresenta os critérios industriais de qualidade recomendados para água de caldeira.

Tabela 2. Critérios industriais de qualidade da água recomendados para água de alimentação de caldeiras.

Parâmetro*	Baixa Pressão (<150 psig)	Pressão Intermediária (150 - 700 psig)	Alta pressão (>700 psig)
Sílica	30	10	0.7
Alumínio	5	0.1	0.01
Ferro	1	0.3	0.05
Manganês	0.3	0.1	0.01
Cálcio	**	0.4	0.01
Magnésio	**	0.25	0.01
Amônia	0.1	0.1	0.1
Bicarbonato	170	120	48
Sulfato	**	**	**
Cloreto	**	**	**
Sólidos Dissolvidos	700	500	200
Cobre	0.5	0.05	0.05
Zinco **	0.01	0.01	
Dureza	350	1.0	0.07
Alcalinidade	350	100	40
pH	7.0 - 10.0	8.2 - 10.0	8.2 - 9.0
Substâncias ativas ao azul de metileno	1	1	0.5
Extrato de tetracloreto de carbono	1	1	0.5
DQO	5	5	1.0
Sulfato de hidrogênio	**	**	**
Oxigênio dissolvido	2.5	0.007	0.0007
Temperatura, ºF	**	**	**
Sólidos em suspensão	10	5	0.5

***** - Todos os valores em mg/L, exceto pH e temperatura.
** - Aceito como recebido (se cumprir outros valores-limite); Nunca foi um problema em concentrações encontradas.
Fonte: U.S EPA, 1992.

3.3 Reúso da Água em Indústrias de Processamento

A adequação da água regenerada para uso em processos industriais depende do uso particular, sendo necessário um estudo mais detalhado do processo industrial para a caracterização da qualidade do efluente e, em paralelo, um estudo para a adaptação do efluente para uso nesses processos (Filho, 2009).

O que pode-se dizer é que os padrões de qualidade para água industrial dependem de como ela será aplicada, podendo ser mais rigorosos, como no caso de indústrias alimentícias, farmacêuticas e eletrônicas, intermediária para as têxteis, celulose e papel e fabricação de metais, e qualidade relativamente baixa para indústria de curtume e na de sistemas de refrigeração (Pombo, 2001; U.S EPA, 1992). A Tabela 3 apresenta a qualidade da água requerida para o processo industrial em uma variedade de indústrias.

Na virada do século, quando a máquina de papel estava sendo desenvolvida, o uso da água era de aproximadamente 150.000 galões por tonelada (625 litros por quilograma). Na década de 1950, a taxa de utilização de água era de até 35.000 galões por tonelada (145 litros por quilograma) (Wyvill et al., 1984).

Devido ao elevado consumo de água, a indústria de pasta e papel há muito tempo reconhece os benefícios potenciais associados à reutilização da água. Existem algumas considerações importantes associadas ao uso de água recuperada na indústria de pasta e papel e, portando, a escolha do tratamento deste tipo de água residual deve levar em conta que (U.S EPA, 1992): o crescimento biológico pode causar entupimento de equipamentos, odores e afetar a textura e uniformidade do papel; a presença de sílica, alumínio e dureza da água pode levar a corrosão e escamação do equipamento; a presença de ferro, manganês ou micro-organismos podem promover a descoloração do papel.

A indústria química também é citada para a reutilização da água residual mas, os requisitos de qualidade da água variam muito de acordo com as necessidades de produção. Geralmente, a literatura indica o uso de águas neutras no intervalo de pH neutro (6,2 a 8,3), também moderadamente moles, com baixa turbidez, sólidos suspensos (SS), e sílica. Os sólidos totais dissolvidos (STD) e cloreto geralmente não são críticos (U.S EPA, 2004).

Tabela 3. Parâmetros de qualidade da água requerida para o processo industrial em uma variedade de indústrias.

Parâmetro*	Polpa e Papel			Química	Petróleo e Carvão	Têxteis		Cimento
	Preparação Mecânica da pasta	Pasta Química não Branqueada	Pasta e Papel Branqueado			Engomagem e Acabamento	Lavagem, tintura e branqueamento	
Cu	-	-	-	-	0.05	0.01	-	-
Fe	0.3	1.0	0.1	0.1	1.0	0.3	0.1	2.5
Mn	0.1	0.5	0.05	0.1	-	0.05	0.01	0.5
Ca	-	20	20	68	75	-	-	-
Mg	-	12	12	19	30	-	-	-
Cl	1,000	200	200	500	300	-	-	250
HCO_3	-	-	-	128	-	-	-	-
NO_3	-	-	-	5	-	-	-	-
SO_4	-	-	-	100	-	-	-	250
SiO_2	-	50	50	50	-	-	-	35
Dureza	-	100	100	250	350	25	25	-
Alcalinidade	-	-	-	125	-	-	-	400
TDS**	-	-	-	1,000	1,000	100	100	600
TSS**	-	10	10	5	10	5	5	500
Cor	30	30	10	20	-	5	5	-
pH	6 - 10	6 - 10	6 - 10	6.2-8.3	6 - 9	-	-	6.5-8.5

***** - Todos os valores em mg/L, exceto pH e cor.
** - As siglas mostradas representam o seguinte: TDS – sólidos totais dissolvidos; TSS - total de sólidos em suspensão.
Fonte: U.S. EPA, 2004.

Para a indústria têxtil as águas não devem ser abrandadas, não devem apresentar coloração e apresentar baixa turbidez, ferro, e manganês. Os nitratos e nitritos também podem gerar problemas no tingimento, sendo portanto critérios importantes na hora de tratar da água residual visando sua reutilização (Twardokus, 2004).

Processos para a fabricação de petróleo e carvão geralmente toleram água de qualidade relativamente baixa. As águas geralmente devem estar na faixa de pH de 6 a 9 e com sólidos solúveis moderados não superior a 10 mg/L (U.S. EPA, 2004).

Conforme visto, o reúso de água tem diversas aplicações no ambiente industrial e a qualidade da água exigida varia na mesma proporção.

4. CONCLUSÕES

Enquanto as reservas de água no mundo são limitadas, por outro lado, a demanda aumenta assustadoramente todos os dias. Diante desse quadro, uma nova estratégia de consumo está surgindo e se tornando indispensável para conservar e preservar este bem tão precioso: a reutilização de água, que após certos tratamentos pode ser empregada para diversas aplicações na indústria.

Neste trabalho de revisão abordou-se sobretudo a reutilização das águas residuais tratadas para fins industriais, verificando-se que são inúmeras as oportunidades de aplicação como em torres de arrefecimento, caldeiras e em processos nos diversos segmentos nas indústrias de polpa e papel, têxteis, petróleo e carvão, entre outros.

Sendo assim, conclui-se que reutilização de águas residuais surge como uma boa opção para combater o problema de escassez de recursos hídricos emergente do novo século, e é uma temática que ainda deverá ser abordada por inúmeros estudos visto os diversos aspectos sobre o seu reúso, tecnologias e requisitos de qualidade a serem explorados e melhorados.

5. REFERENCES

Andrade, B. D. A. S. D. (2014). *Reúso de efluentes industriais gerados durante a produção de água purificada na Central de Tratamento de Água do Centro Tecnológico de Vacinas de Bio-Manguinhos/FIOCRUZ.* Dissertação (Mestrado) Pós-graduação em Gestão. Instituto de Tecnologia em Fármacos – FIOCRUZ, Rio de Janeiro.

Bittencourt, C. (2014). *Tratamento de águas e efluentes: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos*. São Paulo: Érica.

Carvalho, D. D.; Machado, B. J. F. (2010). Reuso de efluentes em torres de resfriamento-estudo conceitual: Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 32, n. 3, p. 295-302.

Casani, S.; Rouhany, M.; Knochel, S. (2005). "A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry". *Water Research*, v. 39, p.1134-1146. 13 Abr. 2017 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135404006013>.

Corwin, L.D. & Bradford, S.A. (2008) "Environmental Impacts and Sustainability of Degraded Water Reuse". *Journal of Environmental Quality*, v. 37, n. 5, p. 1-7.

Costa, B. L. (2008). *Viabilização da reutilização de efluente tratado, usos, aplicações e respectivos impactos na gestão dos mesmos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biológica) Universidade do Algarve, Algarve.

Costa, D. M. A.; Júnior, A. C. B. (2007). Avaliação da necessidade do reúso de águas residuais. *Holos*. p.81-101. 14 Abr. 2017 <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/74/80>.

Filho, A.S. (2009). *Tratamento terciário de efluente de uma indústria de refrigerantes visando o reúso – estudo de caso*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 100 f.

Gauto, M. (2013). *Química industrial*. Porto Alegre: Bookman.

Ibrahin, F. I. D. (2015). *Análise ambiental: gerenciamento de resíduos e tratamento de efluentes.* São Paulo: Érica.

Kirby, R. M.; Bartram J.; Carr, R. (2003). "Water in food production and processind: quantity and quality concerns". *Food Control*, v.14, p 283-299. 11 Abr. 2017 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713502000907>.

Leite, A. M. F. (2003). *Reuso de água na gestão integrada de recursos hídricos.* Dissertação (Mestrado). Universidade Católica de Brasília. Planejamento e Gestão Ambiental. Brasília, 120p.

Machado, L.P. (2004). *Reúso de esgotos sanitários tratados para fins de água de reposição em torres de resfriamento – sistemas semi-abertos.* Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 181p. 15 Abr. 2017 < http://www.peamb.eng.uerj.br/producao.php?id=136>.

Mancuso, P. C. S., [et al]. (2001). *Reúso de água para torres de resfriamento*. FSP/USP.

Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. (2003). *Reúso de Água*. São Paulo: Manole.

Metcalf; Eddy (2003). *Wastewater engineering treatment disposal reuse***.** 4. ed. New York: McGraw Hill Book.

Mierzwa, J. C. (2002). *O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria – estudo de caso da Kodak Brasileira*. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 375p.

Mierzwa, J. C. (2005). *Água na indústria: uso racional e reúso*. São Paulo: Oficina de Textos.

Mohiuddin, A. K. M.; Kant, K. (1996). "Knowledge base for the systematic design of wet cooling towers. Part I: Selection and tower characteristics". *International Journal of Refrigeration*. v. 19, n. 1, pp. 43-51.

Moruzzi, R. B. (2008). Reúso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios. *OLAM–Ciência & Tecnologia–Brasil–Ano VIII*, São Paulo. v. 8, n. 3, p. 271.

Pereira, M. M. C. M.(2009). *Optimização do tratamento químico de água e sua reutilização usando nanofiltração*. Tese (Mestrado). Mestrado Integrado em Engenharia Química. Universidade do Porto. Porto, 45p.

Pombo, F. R. (2011). *Gestão da demanda de água na indústria de refino de petróleo: desafios e oportunidades de racionalização*. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 152 p.

Romario, M. J. (2006). *Reúso de água em indústria metalúrgica rolamenteira – estudo de caso da SKF do Brasil Ltda*. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo

Twardokus, R. G. (2004). *Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil***.** Dissertação (Mestrado) Pós Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

U. S. EPA (1992). Guidelines for water reuse. United States Environmental Protection Agency, Washington DC. 16 Abr. 2017 < http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABM586.pdf>.

U. S EPA (2004). Guidelines for Water Reuse. *United States Environmenta l Protection Agency, Washington, DC*. 15 Abr. 2017 < http://www.harvesth2o.com/adobe_files/EPA%20Water%20ReUse.pdf>.

U. S. EPA (2012). Guidelines for water reuse. *United States Environmenta l Protection Agency, Washington DC*. 16 Abr. 2017 <https://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100FS7K.pdf>.

Victorino, C. J. A. (2007). *Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos*. Porto Alegre: EDIPUCRS.

World Health Organization (1973). "Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards". *Technical report series.* n. 517. Genebra.

Wyvill, J. C.; Adams J.C.; Valentine, G. E. (1984). *An Assessment of the Potential for Water Reuse in the Pulp and Paper Industry.U.S.* Department of the Interior Report n. RU-84/1.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CONCENTRAÇÃO DE POLIGALACTURONASE MICROBIANA POR POLÍMEROS NÃO-IÔNICOS

Rafaela Nery de Melo, Fernanda Mascarello, Jamile Zeni, Ilizandra Aparecida Fernandes, Eunice Valduga e Geciane Toniazzo Backes
Departamento de Engenharia de Alimentos- Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
e-mail: rafinha.nm@outlook.com

Maurício Moura da Silveira
Depertamento de Engenharia de Alimentos - Universidade de Caxias do Sul - UCS- Caxias do Sul, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul – RS, CEP 95070-560, Brasil.
e-mail: mmsilvei@ucs.br

Ivana Leal
Departamento de Produtos Naturais e Alimentos - Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ- Rio de Janeiro, Avenida Carlos Chagas Filho, 373, Rio de Janeiro- RJ, CEP – 21941-902 – RJ, Brasil.
e-mail: ivanafarma@yahoo.com.br

Resumo. *O objetivo do presente estudo foi avaliar o processo de pré-purificação da enzima poligalacturonase utilizando polímeros não-iônicos, polietilenoglicol (PEG) e álcool polivinílico (PVA) de diferentes pesos moleculares, a fim de verificar qual o melhor agente precipitante, e melhor concentração a ser adicionada. O extrato enzimático bruto obtido da produção via fermentação utilizando Aspergillus niger ATCC 9642 foi adicionado aos diferentes agentes precipitantes em concentrações pré-determinadas. Os resultados da purificação parcial da poligalacturonase (PG) teve como maiores recuperações enzimáticas o PEG de peso molecular 4.000 g/mol com um valor de 42,70% para a concentração de 50% e 50,32% para a concentração de 75% e o PVA com recuperação de 17,13%.*

Palavras-chave: Precipitação, extrato enzimático, purificação.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por processos de purificação de biomoléculas é devido, principalmente, ao desenvolvimento da área de biotecnologia e a demanda das industrias por produtos com elevado grau de pureza, como enzimas e proteínas, os quais são obtidos por processos fermentativos. Dentre as indústrias que apresentam aumento no uso destes compostos concentrados está a indústria de alimentos.

As biomoléculas obtidas por processos fermentativos, dependendo do seu uso, devem ser concentradas/purificadas para que seu potencial catalítico seja aumentado. Neste sentido, as técnicas de separação e purificação constituem uma etapa importante durante o *downstream* nas indústrias de bioprocessamento. Levando em consideração que a grande maioria das biomoléculas produzidas são sensíveis à alterações operacionais e ao meio onde se encontram.

Dentre as técnicas de purificação citadas na literatura tem-se a cromatografia preparativa, precipitação, ultra filtração, centrifugação e diálise. Porém algumas destas técnicas possuem limitações como o alto custo de instalação, manutenção e operação devido à complexa instrumentação requerida, além de terem baixos rendimentos, o que torna o emprego limitado para produções em larga escala.

O uso da precipitação com polímeros não-iônicos, pode ser aplicado na purificação de enzimas, como a poligalacturonase usada principalmente produção de vinhos, sucos, alimentos processados como alimentos infantis, não acarretando prejuízos no rendimento. E levando em conta que as etapas de purificação de um processo são em torno de 80% do custo final, esta técnica é uma das quais se utiliza reativos baratos e não necessita de equipamentos complexos.

Tendo em vista os fatos citados, este trabalho propõe avaliar o processo de pré-purificação da enzima poligalacturonase utilizando polímeros não-iônicos (PEG e PVA) de diferentes pesos moleculares, verificando qual o melhor agente precipitante e a melhor concentração a ser adicionada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.. Micro-organismo

A cepa do fungo filamentoso de *Aspergillus niger* ATCC 9642 foi utilizada na bioprodução da poligalacturonase (PG) por fermentação submersa.

2.2 Produção

A fermentação em estado líquido foi realizada em mistura composta de 32g/L de pectina cítrica, 2g/L de L–asparagina, 0,06g/L de fosfato de potássio,1,0g/L de sulfato de ferro, agitação 180 rpm, $5x10^6$ esporos/mL, 25 °C, pH inicial de 4,0 e 27 h de fermentação (GOMES et al., 2010).

2.3 Precipitação com polímeros não-iônicos (polietilenoglicol e álcool polivinílico)

Na precipitação com polietilenoglicol (1.500 - 20.000 g/mol), foram testadas duas condições em relação a adição do polímero. Na primeira foi adicionado 15mL da solução preparada com 50g de PEG em 100mL de água (80°C), o qual corresponde à adição de 5,8g de PEG em 30mL de extrato enzimático bruto, correspondendo a uma concentração de 12,8g/100mL. Na segunda adicionou-se 22,5mL da solução preparada com 75g de PEG em 100mL de água (80°C), o qual corresponde à adição de 11,3g de PEG em 30mL de extrato enzimático bruto, correspondendo a uma concentração de 21,5g/100mL. Após a adição do polímero, a amostra ficou sob agitação por 1h em banho de gelo. Depois da precipitação, as amostras foram centrifugadas (10.000 rpm) por 15 min a 5ºC. O precipitado formado foi ressuspendido em 10mL de tampão acetato de sódio pH 5,5 para posterior medida de atividade e teor de proteína.

Na precipitação com álcool polivinílico (60.000 g/mol), testou-se uma condição de adição do polímero, onde foi adicionado 0,6mL da solução preparada com 2g de PVA em 100mL de água (80°C), o qual corresponde à adição de 0,3g de PVA em 30mL de extrato enzimático bruto, correspondendo a uma concentração de 0,98g/100mL. Após a adição do polímero, a amostra ficou sob agitação por 1h em banho de gelo. Em seguida, a amostra foi centrifugada (10.000 rpm) por 15 min a 5ºC. O precipitado formado foi ressuspendido em 10mL de tampão acetato de sódio pH 5,5 para posterior medida de atividade e teor de proteína. Ambas as precipitações foram baseadas em NAVA et al. (2005).

2.4 Atividade enzimática da poligalacturonase

A atividade enzimática da poligalacturonase foi determinada pela medida da liberação de grupos redutores usando-se o método do ácido dinitrosalisílico (DNS), proposto inicialmente por Miller (1956).

2.5 Proteínas totais

Foram separadas alíquotas de cada ensaio para determinar o valor de proteína total da enzima citada anteriormente. As concentrações de proteínas foram medidas espectrofotometricamente em 595nm através do método de Bradford (1976), usando albumina bovina (BSA, Merck, Alemanha) como padrão e reagente de Bradford (Comassie Blue G-250).

2.6 Atividade enzimática específica

As proteínas presentes no extrato enzimático foram quantificadas para determinar a atividade enzimática específica, a qual representa o índice gerado pela relação entre a atividade enzimática (U/mL) e o valor de proteínas totais (mg/mL) da mesma amostra, ou seja, a atividade enzimática (U) por mg de proteínas (U/mg), conforme apresentado na Eq. (1):

$$U\ específico = \frac{U\ enzimático\ (U/mL)}{proteínas\ totais\ (mg/mL)} \qquad \text{Eq. (1)}$$

2.7 Recuperação ou rendimento de enzima (RP)

A recuperação das enzimas foi calculada pela Eq. (2) (Porto et al., 2008).

$$RP = \frac{[A_{enzima\ purificada}\ x\ V_{purificado}]}{[A_{extrato\ bruto}\ x\ V_{inicial}]}\ x\ 100 \qquad \text{Eq. (2)}$$

Sendo:
$A_{enzima\ purificada}$: é a atividade enzimática na fração considerada (U/mL);
$A_{extrato\ bruto}$: é a atividade enzimática na alimentação (U/mL);
$V_{inicial}$: é o volume inicial do extrato adicionado em mL.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O extrato enzimático bruto obtido da produção via fermentação utilizando *Aspergillus niger* ATCC 9642 apresentou atividade enzimática de 3,66 U/mL, teor de proteína 0,03 mg/mL e atividade específica de 115 U/mg.

A Figura 1 apresenta as porcentagens de recuperação da poligalacturonase quando precipitada em polímero não-iônico (PEG), a qual foi obtida a partir da Tabela 1, onde observa-se que o polietilenoglicol (PEG) de peso molecular 4.000 g/mol foi o que apresentou melhor resultado para a recuperação da enzima tanto em 50% como 75% do polímero.

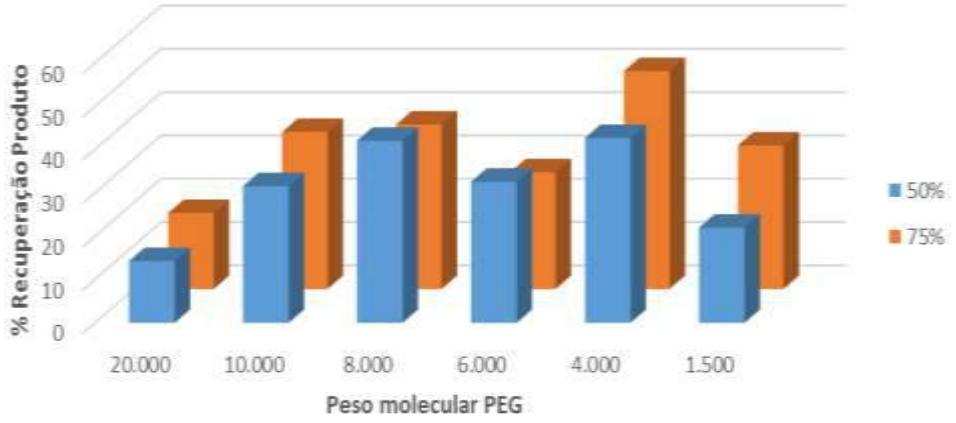


Figura 1. Recuperação da enzima quando precipitada com polietilenoglicol.

Tabela 1. Purificação parcial do extrato bruto da poligalacturonase usando polímero não-iônico (polietilenoglicol-PEG).

Ensaio		Atividade (U/mL)	Proteína (mg/mL)	Atividade Específica (g/ml)	Rendimento Enzimático (RP)
PEG 50%	**1.500**	3,04 ± 0,04	0,4753± 0,04	189,59	21,99
	4.000	2,78 ± 0,01	0,4193 ± 0,01	380,68	42,70
	6.000	2,97 ± 0,01	0,4362 ± 0,01	298,78	32,58
	8.000	3,51 ±0,01	0,5312 ± 0,01	141,49	42,05
	10.000	2,81 ±0,01	0,2600 ± 0,01	0	31,57
	20.000	2,17 ± 0,04	0,7124 ± 0,01	40,88	14,28
PEG 75%	**1.500**	3,37 ± 0,01	0,5308 ± 0,01	136,36	33,17
	4.000	3,58 ± 0,17	0,4609 ± 0,17	259,32	50,32
	6.000	2,72 ± 0,02	0,4322 ± 0,02	292,47	26,95
	8.000	4,08 ± 0,00	0,4557 ± 0,00	314,07	37,98
	10.000	2,96 ±0,03	0,4319 ± 0,03	319,88	36,27
	20.000	2,37 ±0,06	0,9118 ± 0,06	28,16	17,56

No estudo de Nava et al. (2005) o uso de PEG, demonstrou ter capacidade de precipitação das enzimas pectinolíticas (nas temperaturas de 0ºC a 20ºC), com exceção do PEG 400, o qual não precipita a proteína com concentrações abaixo de 8%. O PEG 10.000 g/mol apresentou a melhor relação entre os parâmetros conteúdo proteico-atividade enzimática.

Testou-se a solubilidade do álcool polivinílico (60.000 g/mol) em diferentes porcentagens (2, 5, 50 e 75%) e diferentes formas de adição do polímero (lenta e rápida), mas somente na concentração de 2% ocorreu a solubilização em água a 80°C. Fato que pode ser compreendido levando em conta que a solubilidade do PVA em água depende do grau de hidrólise, do grau de polimerização e da temperatura da solução.

Obteve-se uma recuperação de 17,13% para a precipitação com álcool polivinílico (PVA) como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Purificação parcial do extrato bruto da poligalacturonase usando polímero não-iônico (álcool polivinílico - PVA).

Ensaio		**Atividade (U/mL)**	**Proteína (mg/mL)**	**Atividade Específica (g/ml)**	**Rendimento Enzimático (RP)**
Álcool Polivinílico (%)	2%	1,59	0,5966 ±0,00	45,32	17,13

Segundo Nava et al. (2005), a eficiência no processo de precipitação é diretamente proporcional em relação à temperatura, ao peso molecular do polímero, à concentração polimérica e, até mesmo, à estrutura mono-polimérica.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados da purificação parcial da poligalacturonase (pg) observou-se que as maiores recuperações da enzima foram obtidas com polietilenoglicol (PEG) de peso molecular de 4.000 g/mol, sendo 42,70% para a concentração de 50% e 50,32% para a concentração de 75%. Para o álcool polivinílico (PVA) obteve-se uma recuperação de 17,13%.

Estes resultados demonstram que no processo de pré-purificação por precipitação com polímeros não iônicos (PEG e PVA), pode ser recomendado para uso industrial, pois o método mostrou-se eficiente para a enzima estudada, além de ser de operação simples e com um custo relativamente baixo.

5. REFERÊNCIAS

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities for protein utilizing the principle of protein -dye binding. *Analytical biochemistry*, v.72, p.248-254.

Gomes J., Zeni J., Cence K., Toniazzo G., Treichel H., Valduga E., 2010. Evaluation of production and characterization of poligalacturonase by *Aspergillus Niger* ATCC 9642. *Food and bioproducts processing*.

Miller, G.L., 1956. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical biochemistry*, v.31, p.426-428.

Nava, M.J.A.;Silveira, M.M.; santos, S.F.; zeni, M.; Polímeros não-iônicos como agentes precipitantes em processos de concentração de enzimas pectinolíticas. Revista *Iberoamericana de Polímeros*. Vol.6, junho de 2005.

Porto, T.S.; Medeiros E Silva, G.M.; Porto, C.S.; Cavalcanti, M.T.H; Neto, B.B.; Lima-filho, J.L.; Converti, A.; Porto, A.L.F.; Pessoa-jr, A.. 2008. Liquid–liquid extraction of proteases fromfermented broth by peg/citrate aqueous two-phase system. Chemical engineering and processing: *Process Instensification*, V. 7, p. 716-721.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores Rafaela Nery de Melo, Fernanda Mascarello, Jamile Zeni, Ilizandra Aparecida Fernandes, Mauricío Moura da Silveira, Ivana Leal, Eunice Valduga e Geciane Toniazzo Backes são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

UTILIZAÇÃO DE SORO DE LEITE NA PRODUÇÃO EXTRACELULAR DE LACTASE

Rafaela Nery de Melo, Cristian Bocalon, Jamile Zeni, Rogério Luis Cansian, Eunice Valduga, Ilizandra Aparecida Fernandes e Alexandra Manzoli
Departamento de Engenharia de Alimentos - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
e-mail: rafinha.nm@outlook.com

Maurício Moura da Silveira
Depertamento de Engenharia de Alimentos - Universidade de Caxias do Sul - UCS- Caxias do Sul, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul – RS, CEP 95070-560, Brasil.

Ivana Leal
Departamento de Produtos Naturais e Alimentos - Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ- Rio de Janeiro, Avenida Carlos Chagas Filho, 373, Rio de Janeiro- RJ, CEP – 21941-902 – RJ, Brasil.

Resumo. *O objetivo da presente pesquisa foi verificar a produção extracelular de lactase utilizando soro de leite como substrato, através do uso de fungos em fermentação submersa. Foram utilizadas cinco diferentes proporções de soro de leite (10%, 28%, 55%, 82% e 100%) nos meios de fermentação. Os fungos utilizados foram Aspergillus oryzae 1003 e Aspergillus niger 9642. A produção da enzima ocorreu por 96 horas, onde a cada 24 horas foram retiradas amostras para realizar as análises de glicose, potencial de hidrólise e biomassa em peso seco. No que diz respeito ao teor de glicose, o meio fermentado por A. oryzae apresentou aproximadamente 7 vezes mais glicose do que o A. niger em 96 horas de fermentação com 100 e 82% de soro de leite. Os percentuais máximos de hidrólise da lactose foram de aproximadamente 0,092 g/L após 72 horas de fermentação com extrato extracelular de A. oryzae.*

Palavras-chave: *Soro de leite, lactase, micro-organismos.*

1. INTRODUÇÃO

A enzima β-galactosidase, popularmente conhecida como lactase é classificada como uma hidrolase, com capacidade de transferase para grupos galactosil. Esta enzima catalisa o resíduo terminal β-galactopiranosil da lactose formando glicose e galactose, dois monossacarídeos mais doces, mais solúveis e mais digestivos do que a lactose (ELNASHAR e KAHIL, 2014). Estas enzimas podem ser encontradas na natureza, em vegetais, particularmente em amêndoas, pêssego, damasco, maçã, em órgãos de animais, como intestino, cérebro, testículos, placenta e podendo ser também produzidas em grande quantidade de micro-organismos, tais como fungos filamentosos, bactérias e leveduras (ALMEIDA e PASTORE, 2001), sendo as leveduras e fungos as melhores fontes desta enzima para aplicações comerciais (JURADO et al., 2002).

A importância industrial da β-galactosidase está na sua aplicação na indústria de laticínios. Esta enzima hidrolisa a lactose, carboidrato característico do leite, ocorrendo a quebra em seus monossacarídeos glicose e galactose, sendo obtidos, alimentos com baixos teores de lactose, melhorando a solubilidade e digestibilidade do leite e derivados lácteos, ideais para consumidores intolerantes à lactose (JURADO et al., 2002).

A hidrólise da lactose também previne sua cristalização em produtos lácteos como doce de leite, leite condensado, leite concentrado congelado, misturas para sorvetes e iogurtes e melhora as características organolépticas destes alimentos como cor e sabor. Esta enzima tem sido mais utilizada na forma livre nas indústrias de laticínios, desta maneira uma alternativa seria a redução de custos de produção na síntese da enzima, utilizando meios de cultura mais baratos, tais como o soro de queijo (FURLAN et al., 2001).

Frente ao exposto, o trabalho teve por objetivo verificar o crescimento microbiano dos fungos *Aspergillus oryzae* 1003 e *Aspergillus niger* 9642 em meios com diferentes concentrações de soro de leite e avaliar a produção de lactose extracelular via teor de glicose e hidrólise da lactase.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Micro-organismo

As cepas dos fungos filamentosos *Aspergillus niger* ATCC 9642 e *Aspergillus oryzae* ATCC 1003 foram utilizadas na bioprodução da lactase extracelular por fermentação submersa.

2.2 Produção

O soro de queijo utilizado foi fornecido pela Relat laticínios Renner S.A., situada no município de Estação-RS. Antes de ser utilizado, o soro de leite passou por um pré-tratamento para desproteinização por acidificação, com aquecimento a 93°C e adição de ácido lático até pH 4,8 (PORTO, 2001). Após a remoção da fração proteica por precipitação, o soro foi utilizado na formulação dos meios.

No preparo dos meios, a concentração de sais foi fixada em 6,0g/L de $(NH_4)_2SO_4$, 5,0g/L de KH_2PO_4 e 0,6g/L de $MgSO_4.7H_2O$ e a concentração de soro variou em 100, 280, 550, 820 e 1000mL/L. Em seguida o pH corrigido para 5,5 com solução NaOH (4 mol/L) e esterilizados a 121°C por 15 minutos. As fermentações foram conduzidas em *shaker* a 30°C, agitação de 150rpm e $1x10^7$ esporos/mL (SANTIAGO et al., 2004). O tempo de acompanhamento da fermentação foi de 96h, sendo retiradas amostras a cada 24 horas para determinação da concentração celular, glicose no meio e hidrólise.

2.3 Quantificação do teor de glicose

Para verificar o grau de hidrólise foi empregado o teste de determinação quantitativa de glicose (Spinreact, Espanha). Adicionando-se 1 mL da solução em 1 mL de amostra. Após a mistura, a solução é incubada por 20 min à 25ºC. Após a incubação, mediu-se a absorbância da amostra (505 nm). Com a absorbância da amostra, se obtém a concentração de glicose (mg/L) que é convertida então em valor de porcentagem. Os testes de hidrólise foram realizados em triplicata (HASSEMER, 2016).

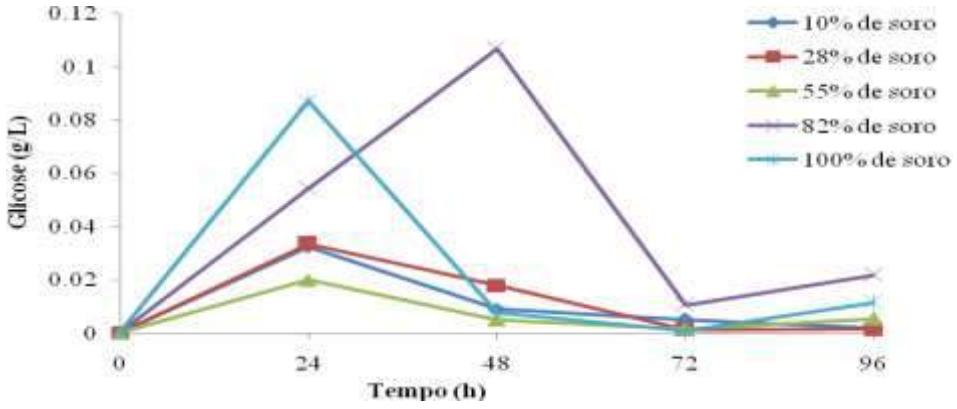
2.4 Hidrolise de lactose

Para realizar a hidrólise, utilizou-se 300 µL de enzima para cada 200 mL de amostra, sendo que a concentração de lactose era de 1 g/L. O processo foi conduzido em frascos encamisados, com controle de temperatura (25 ± 2 ºC) e agitação de 120 rpm. Nos experimentos realizados, o extrato bruto enzimático foi inserido em um vaso fermentador, sendo que a duração de hidrolise foi de 72 horas para cada amostra (HASSEMER, 2016).

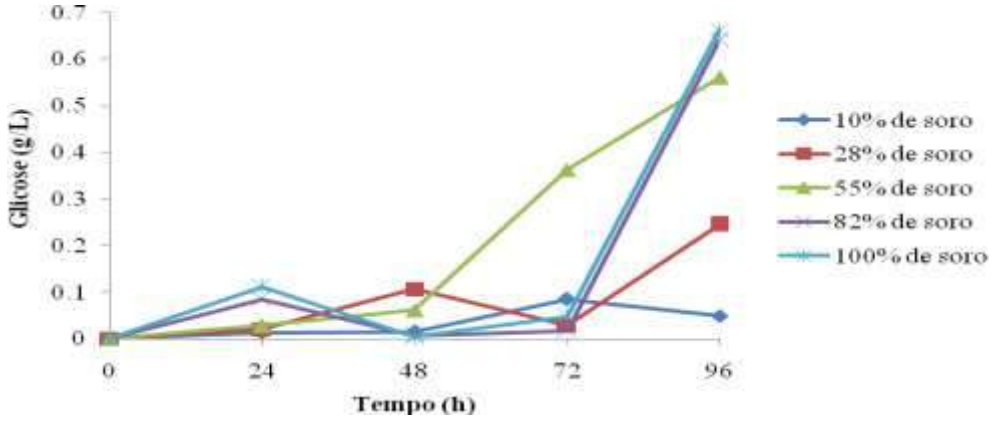
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Quantificação de glicose extracelular

Os teores de glicose extracelular obtidos com os diferentes meios, durante 96 horas de fermentação com *A. niger* e *A. oryzae* são apresentados na Figura 1.



(a) *Aspergillus niger* ATCC 9642



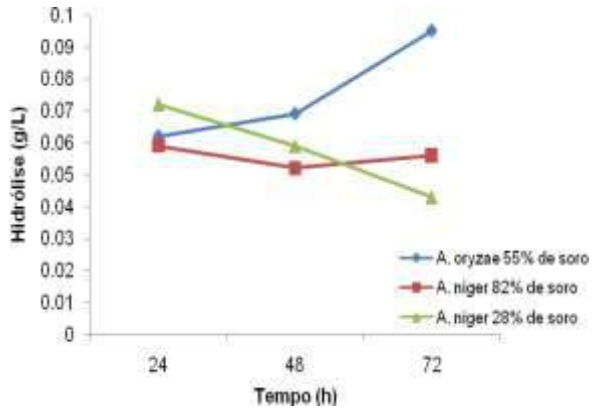
(b) *Aspergillus oryzae* ATCC 1003

Figura 1. Teor de glicose extracelular dos diferentes meios de fermentação durante 96 horas de processo fermentativo por *A. niger* (a) e *A. oryzae* (b).

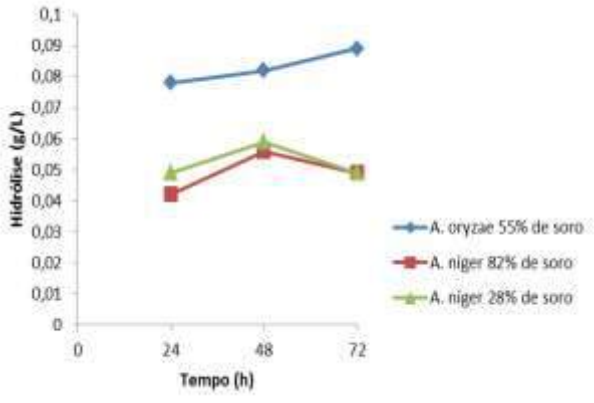
Com o fungo *A. niger*, os maiores teores de glicose extracelular (0,11 e 0,09 g/L) foram obtidos com 82% e 100% de soro de leite em 48 e 24 horas de fermentação, respectivamente. Já, com o fungo *A. oryzae*, foram obtidos aproximadamente 7 vezes mais glicose (0,66 e 0,64 g/L) com 100 e 82% de soro de leite em 96 h de fermentação. Mesmo o meio contendo 55% de soro de leite produziu 0,56 g/L de glicose (~5 vezes mais em relação a *A. niger*), também em 96 h de fermentação.

3.2 Hidrólise da lactose com extrato enzimático bruto extracelular

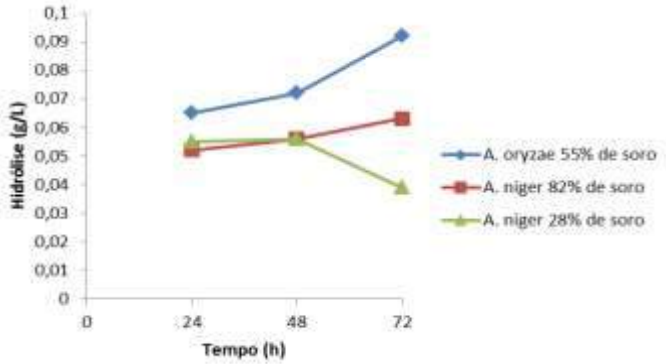
A fim de avaliar a hidrólise da lactose e verificar o potencial de aplicação da enzima produzida pelos micro-organismos estudados, realizou-se ensaios de hidrólise da lactose com o extrato enzimático bruto e com o extrato obtido após autólise das células microbianas. Foram avaliadas diferentes concentrações de extrato enzimático (5, 10 e 15 %) de *A. niger* e *A. oryzae* (contendo diferentes proporções de soro, 28, 55 e 82%) em diferentes tempos de fermentação (Figura 2).



(a) 5% extrato enzimático bruto



(b) 10% extrato enzimático bruto



(c) 15% extrato enzimático bruto

Figura 2. Hidrólise da lactose com concentração de extrato enzimático bruto extracelular de 5% (a), 10% (b) e 15% (c).

De acordo com os resultados de hidrólise apresentados na Figura 2, pode-se observar um aumento na hidrólise da lactose somente com extrato enzimático bruto de *A. oryzae*, obtendo-se hidrólise máxima de aproximadamente 0,092 g/L após 72 horas de fermentação. O aumento no percentual de extrato bruto na fermentação não resultou em aumento no percentual de hidrólise.

4. CONCLUSÕES

Com os resultados apresentados, conclui-se que o teor de glicose, o meio fermentado por *A. oryzae* apresentou aproximadamente 7 vezes mais glicose do que o *A. niger* em 96 horas de fermentação com 100 e 82% de soro de leite. Os percentuais máximos de hidrólise da lactose foram de aproximadamente 0,092 g/L após 72 horas de fermentação com extrato extracelular de *A. oryzae.*

5. REFERÊNCIAS

Almeida, M.M.; Pastore, G.M., 2001. Galactooligossacarídeos – Produção e efeitos benéficos. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 35, n. 1/2, p. 12-19.

Elnashar, M. M. M.; Kahil, T., 2014. Biopolymeric formulations for biocatalysis and biomedical applications. Biomed Research International, p. 10.

Furlan, S.A.; Scneider, A.L.S.; Merkle, R.; Carvalho, J.M.F.; Jonas, R., 2001. Optmization of pH, temperature and inoculum ratio for the production of beta-D-galactosidase by *Kluyveromyces marxianus* using a lactose-free medium. Acta Biotenologica, v. 21, n. 1, p. 57-64.

Hassemer, G. S., 2016. Produção de P(3HB) por *Bacillus megaterium* utilizando permeado de soro de leite. Dissertação de mestrado (ciência e tecnologia de alimentos). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 33-35.

Jurado, E.; Camacho, F.; Luzón, G.; Vicaria, J. M., 2002. A new model proposed for hydrolysis of lactose by β-galactosidase from Kluyveromyces fragilis. Enzyme and Microbial Technology, v. 31, p. 300-309.

Porto, L.M., 2001. Estudo e determinação das melhores condições operacionais do processo de produção da ricota. Belo Horizonte, p. 97 Dissertação (Mestre em Engenharia Química), Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Reis, R.L.S.; Leão, N.S.R.; Souza, A.F.; Silva, G.K.B.; Luna, M.A.C.; Silva, C.A.A.; Okada, K., 2015. Avaliação do potencial biotecnológico de *Aspergillus parasiticus* ucp 1281 no biotratamento de efluentes da indústria de laticínios e produção de lipídeos. e-xacta, v. 8, n. 1, p. 31-42.

Santiago P. A.,. Marquez L. D. S, Cardoso V. L., Ribeiro E J., 2004. Estudo da produção de β-galactosidase por fermentação de soro de queijo com Kluyveromyces marxianus. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 24(4): 567-572, out.-dez.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores Rafaela Nery de Melo, Cristian Bocalon, Jamile Zeni, Rogério Luis Cansian, Eunice Valduga, Ilizandra Aparecida Fernandes e Alexandra Manzoli são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CAROTENOIDES: PARÂMETROS ESTEQUIOMÉTRICOS DA PRODUÇÃO POR *SPORIDIOBOLUS SALMONICOLOR* CBS 2636 EM BIORREATOR EM PROCESSO SEMICONTÍNUO COM MEIO COMERCIAL E RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Rosicler Colet*
Letícia Urnau
Luana Gayeski
Naiane Sabedot Marcon
Eunice Valduga
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Erechim
rosicler.colet@bol.com.br *
letiurnau@gmail.com
luanagayeski13@gmail.com
naiane.marcon@hotmail.com
veunice@uricer.edu.br

Marco Di Luccio
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis
mdiluccio@gmail.com

Resumo. *A grande demanda gerada pelas indústrias e a crescente procura por produtos naturais, tem resultado em um aumento nas pesquisas referentes à produção de carotenoides via biotecnológica, podendo ser produzido por bactérias, leveduras e fungos filamentosos. Objetivou-se estudar os parâmetros estequiométricos da produção de carotenoides pela levedura Sporidiobolus salmonicolor CBS 2636 em processo semicontínuo em biorreator utilizando resíduos agroindustriais. A bioprodução foi realizada em biorreator Biostat com 1 L de volume útil, sem iluminação, 1,5 vvm, 180 rpm, 25 oC e pH inicial 4,0, por um período de 96 h, em processo semicontínuo, variando-se o meio de bioprodução com meio comercial composto por 80 g/L de glicerol, 5 g/L de extrato de malte e 15 g/L de peptona e com resíduo agroindustrial com 80 g/L de água de maceração de milho (AMM), 80 g/L de glicerol bruto e 20 g/L de água de parboilização de arroz (APA). A concentração máxima de carotenoides totais obtida no biorreator foi de 7388 µg/L em 96 h de bioprodução com meio composto por resíduos agroindustriais. A máxima velocidade específica de crescimento (µmax) para S. salmonicolor em biorreator com meio comercial e com resíduos agroindustriais foi de 0,05 e 0,08 h-1 e a maior produtividade em células foi de 0,06 e 0,104 g/L.h, respectivamente.*

Palavras-chave: *Carotenoides, semicontínuo e resíduos agroindustriais.*

1. INTRODUCÃO

A vasta aplicabilidade dos carotenoides resultam no aumento da demanda pelas indústrias de alimentos, cosméticos e fármacos, cujo mercado mundial foi avaliado em 1,5 bilhões em 2014, com uma expectativa de crescimento para 1,8 bilhões em 2019 e uma taxa de crescimento anual de 3,9 % (BCC Research, 2015). Tal fato proporcionou o aumento do interesse dos pesquisadores em descobrir novas fontes, processos e técnicas que pudessem ser empregadas para intensificar a produção destes pigmentos por microrganismos, considerando que os carotenoides obtidos por síntese química envolvem um grande número de reações complexas, enquanto que estes mesmos carotenoides estão presentes naturalmente em microalgas, bactérias, leveduras e fungos (Fábregas et al., 2001; Bhosale *et al*., 2004; Dias *et al*., 2015; Colet *et al*., 2015; Tsai *et al*., 2016; Cardoso *et al*., 2016).

O grande interesse na exploração destes pigmentos ocorreu em função da variabilidade de suas aplicações. Além da utilização como corante nas indústrias alimentícias e de ração animal, estes compostos possuem propriedades antioxidantes, o que torna possível o emprego em tratamentos de prevenção ao câncer, às doenças do coração e da degeneração macular (Krinsky e Johnson, 2005; Venil *et al*., 2013; Akuffo *et al*., 2015; Wu *et al*., 2015; Esteban *et al*., 2015; Song *et al*., 2016; Bernstein *et al*., 2016).

Visando os benefícios dos carotenoides, regimes de condução, semicontínuo, são considerados eficientes e versáteis para a produção de carotenoides. Em tais processos, especialmente naqueles com altas densidades celulares, a

produtividade é alta devido ao grande número de células viáveis no meio de bioprodução. O processo semicontínuo consiste em uma série de operações em sequência, no qual coleta-se parte do meio fermentado (cortes da fermentação) em períodos sequenciais e adiciona-se ao reator um volume de meio de fermentação igual ao volume de meio fermentado retirado, e o meio fermentado que permanece no reator serve de inoculo ao meio adicionado (Schmidell *et al*., 2007; Ferreyra *et al*., 2014; Caldeira, 2015).

Além disso, ressalta-se a possibilidade da utilização de subprodutos agrícolas de baixo custo e/ou resíduos, como matéria-prima, o que pode aumentar a viabilidade econômica do processo. Países com grande biodiversidade, como o Brasil, apresentam um grande potencial a ser explorado na utilização dessas matérias primas (Aksu e Eren, 2005; Buzzini e Martini, 1999; Fontana *et al*., 1996; Valduga *et al*., 2008; Saenge *et al*., 2011; Valduga *et al*., 2014; Machado e Burkert, 2014; Colet *et al*., 2015; Cardoso *et al*., 2016).

Neste sentido, é de interesse estudar os parâmetros estequiométricos da produção de carotenoides pela levedura *Sporidiobolus salmonicolor* CBS 2636 em processo semicontínuo em biorreator com meio comercial e com resíduos agroindustriais, visando obter pigmentos naturais capazes de catalisar reações, tendo como produtos compostos com alto valor agregado.

2. METODOLOGIA

2.1 Bioprodução de Carotenoides

O micro-organismo utilizado foi a levedura *Sporidiobolus salmonicolor* CBS 2636. A produção foi realizada em biorreator (25°C e 180 rpm), contendo inicialmente 200 mL de inoculo (25°C, 180 rpm, D.O~0,7 U.A) e 1000 mL de meio comercial composto por 80 g/L de glicerol, 5 g/L de extrato de malte e 15 g/L de peptona e com resíduo agroindustrial com 80 g/L de água de maceração de milho (AMM), 80 g/L de glicerol bruto e 20 g/L de água de parboilização de arroz (APA), em sistema semicontínuo, realizando-se cortes de 50 % a cada 96 h de bioprodução.

2.2 Recuperação de Carotenoides

A recuperação dos carotenoides foi realizada empregando N_2 líquido combinado com dimetilsulfóxido (DMSO) para ruptura celular e extração com mistura de acetona/metanol na proporção de 7:3 (v/v). A absorbância da amostra foi medida em espectrofotômetro (Agilent 8553) a 448 nm segundo Valduga *et al*. (2008). A biomassa foi determinada, após extração dos carotenoides, onde as células foram lavadas com água destilada, centrifugadas (6.500 xg e 5°C por 10 min) e a massa celular foi quantificada através de secagem em estufa (Fanem SE-320) a 105°C até massa constante. O pH dos ensaios foi determinado usando o potenciômetro (DMPH-2, Digimed).

2.3 Parâmetros Estequiométricos

A cada 12 horas foram obtidas amostras de cada ensaio para a determinação dos parâmetros estequiométricos. As taxas de crescimento microbiano (r_x), a formação do produto (r_p) e consumo de substrato (r_s) podem ser determinadas pelo balanço de massa para cada componente em um determinado momento, como apresentados nas equações 1, 2 e 3, respectivamente (Bailey e Ollis, 1986).

$$r_X = dX/dt \quad (1)$$

$$r_P = dP/dt \quad (2)$$

$$r_S = -dS/dt \quad (3)$$

A taxa específica de crescimento (μ_x), formação de produto (μ_p) e consumo de substrato (μ_s) podem ser obtidas dividindo as taxas instantâneas pela concentração de células, sendo expressas pelas Equações 3, 4 e 5, respectivamente (Bailey e Ollis, 1986).

$$\mu_x = r_X/X \quad (4)$$

$$\mu_p = r_P/X \quad (5)$$

$$\mu_s = r_S/X \quad (6)$$

A produtividade global tanto em células como em carotenoides é definida, como as velocidades rx e rp descritas por Bailey e Ollis (1986).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a produtividade em carotenoides do processo semicontínuo com meio comercial e agroindustrial ao longo do cultivo. Observa-se que o meio agroindustrial proporcionou a obtenção de maiores produtividades. Desta forma, sugere-se que os resíduos agroindustriais utilizados apresentaram nutrientes essenciais para a produção de carotenoides, dentre eles carbono e nitrogênio.

O meio agroindustrial tem maior teor de alguns microelementos não presentes no meio comercial, como íons inorgânicos (MAIA, 2002). As leveduras exigem estes íons em concentrações tanto µM como mM para alcançar maiores aumentos de biomassa e rendimento em produto. Os microelementos têm uma função importante no metabolismo celular, principalmente em função dos seus requerimentos como cofatores para várias enzimas (STEHLIK-TOMAS et al., 2004).

Porém, a queda da produção ao longo do processo pode ser explicada pela metabolização de compostos nitrogenados, liberando grande quantidade de amônia ao meio, quando se utilizou os resíduos.

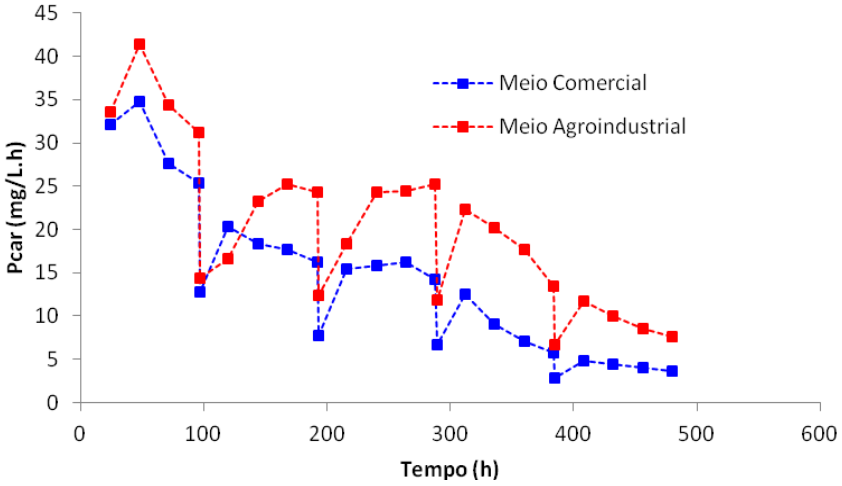


Figura 1. Produtividade em carotenoides global (Pcar) ao longo da bioprodução em processo semicontínuo com meio comercial e agroindustrial com corte de 50%, a 1,5 vvm, 180 rpm, 25 °C, pHinicial 4,0 e 480 h.

Nas Tab. 1 e 2 são apresentados os principais parâmetros obtidos para a *S. salmonicolor*, calculados para os cinco cortes com a produção em meio comercial e a base de resíduos agroindustriais, respectivamente.

Nestas condições, observou-se que a velocidade específica máxima de crescimento (µmáx) para *S. salmonicolor* foi de 0,05 e 0,08 h-1, respectivamente. A produtividade em células (Px) máxima foi de 0,06 e 0,104 g/L.h e a produtividade em carotenoides totais é de 34,8 e 41,4 µg/L.h, respectivamente. Estes valores são superiores aos reportados em outros estudos realizados (Valduga et al., 2009-2014; Colet et al., 2015) em frascos agitados, batelada simples e batelada alimentada.

Tabela 1. Parâmetros cinéticos e estequiométricos da bioprodução de carotenoides por *Sporidiobolus salmonicolor* em biorreator dos ensaios em regime semicontínuo com meio comercial.

Parâmetros	**Meio Comercial**		
	Valor máximo obtido	Corte	Tempo de maior conversão (h)
Carotenoides Totais (µg/L)	4376	3	264
$Y_{P/S}$ (µg/g) (Base em glicerol)	681	4	312
$Y_{X/S}$ (g/g) (Base em glicerol)	7,36	3	216
$Y_{P/S}$ (µg/g) (Base em COT)	1313	1	48
$Y_{X/S}$ (g/g) (Base em COT)	1,34	1	48
$Y_{P/S}$ (µg/g) (Base em nitrogênio)	45324	3	240
$Y_{X/S}$ (g/g) (Base em nitrogênio)	323,50	5	432
$Y_{P/X}$ (µg/g)	1042	1	72
P_x (g/L.h)	0,058	3	264
μ_x (h^{-1})	0,049	2	-

Tabela 2. Parâmetros cinéticos e estequiométricos da bioprodução de carotenoides por *Sporidiobolus salmonicolor* em biorreator dos ensaios em regime semicontínuo com meio agroindustrial.

Parâmetros	**Meio Agroindustrial**		
	Valor máximo obtido	Corte	Tempo de maior conversão (h)
Carotenoides Totais (μg/L)	7388	3	288
$Y_{P/S}$ (μg/g) (Base em glicerol)	833	3	193
$Y_{X/S}$ (g/g) (Base em glicerol)	2,49	3	193
$Y_{P/S}$ (μg/g) (Base em COT)	990	1	48
$Y_{X/S}$ (g/g) (Base em COT)	1,90	1	48
$Y_{P/S}$ (μg/g) (Base em nitrogênio)	44530	4	336
$Y_{X/S}$ (g/g) (Base em nitrogênio)	161,2	4	336
$Y_{P/X}$ (μg/g)	522	1	48
P_x (g/L.h)	0,104	1	24
μ_x (h^{-1})	0,084	1	-

Ao se comparar a utilização de meio de bioprodução constituído somente de resíduos agroindustriais com o comercial, obteve-se uma maior concentração de carotenoides (7388 μg/L) quando se utilizou meio com resíduos agroindustriais. Esse resultado pode ser explicado devido aos ricos componentes presentes nestes resíduos (fonte de carbono, nitrogênio e outros nutrientes) e a otimização dos mesmos.

4. CONCLUSÃO

A máxima produção de carotenoides em sistema semicontínuo foi de 7388 μg/L em 288 h, com corte de 50 % a cada 96 h, ao utilizar meio otimizado à base de resíduos agroindustriais (80 g/L de AMM, 80 g/L de glicerol bruto e 20 g/L de APA). O processo semicontínuo apresenta-se como uma alternativa para o aumento da bioprodução de carotenoides em biorreator, sendo obtida uma produtividade em células (Px) de 0,104 g/L.h e em carotenoides totais de 41,4 μg/L.h, com velocidade específica máxima de crescimento (μmáx) para *S. salmonicolor* igual 0,08 h-1, tornando-se uma alternativa para o aproveitamento de resíduos agroindustriais.

5. AGRADECIMENTOS

À URI, FAPERGS e a CAPES pelo apoio financeiro e bolsas de estudos disponibilizadas para a realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

Aksu, Z. e Eren, A.T., 2005, "Carotenoids production by the yeast Rhodotorula mucilaginosa: use of agricultural wastes as a carbon source". *Process Biochemistry*, Vol. 40, p. 2985–2991.

Akuffo, K.O., Nolan, J.M., Howard, A.N., Moran, R., Stack, J., Klein, R., Klein, B.E., Meuer, S.M., Sabour-Pickett, S., Thurnham, D.I. e Beatty, S., 2015. "Sustained supplementation and monitored response with differing carotenoid formulations in early age-related macular degeneration". *Eye – Clinical Study*, Vol. 29, p. 902-912.

Bailey, J.E. e Ollis, D.F., 1986. *Biochemical Enginnering Fundamentals*, McGraw- Hill Book Company, 2ed., p. 984.

BCC Research, 2015. "The global market for carotenoids". 11 Jan. 2016. <http://www.bccresearch.com/market-research/food-and-beverage/carotenoids-global-market-report-fod025e.html>.

Bernstein, P. S., Li, B., Vachali, P. P., Gorusupudi, A., Shyam, R., Henriksen, B. S. e Nolan, J. M., 2016. "Lutein, zeaxanthin, and meso-zeaxanthin: The basic and clinical science underlying carotenoid-based nutritional interventions against ocular disease". *Progress in Retinal and Eye Research*, Vol. 50, p. 34-66.

Bhosale, P., 2004. "Environmental and cultural stimulants in the production of carotenoids from microorganism". *Applied Microbiogy and Biotechnology*, Vol. 63, p. 351-361.

Buzzini, P. e Martini, A., 1999. "Production of carotenoids by strains of Rhodotorula glutinis cultured in raw materials of agro-industrial origin". *Bioresources Tecnology*, Vol. 71, p. 41-44.

Caldeira, J.P.R.A., 2015. *Production of lipids (for biodiesel) and carotenoids from the yeast Rhodotorula glutinis grown in a bench reactor, in a fed-batch system*. Dissertação de Mestrado de Microbiologia Aplicada, Universidade de Lisboa.

Cardoso, L.A.C., Jackel, S., Karp, S.G., Framboisier, X., Chevalot, I. e Marc, I., 2016. "Improvement of Sporobolomyces ruberrimus carotenoids production by the use of raw glycerol". *Bioresource Technology*, Vol. 200, p. 374-379.

Colet, R., Di Luccio, M. e Valduga, E., 2015. "Fed-batch production of carotenoids by *Sporidiobolus salmonicolor* (CBS 2636): kinetic and stoichiometric parameters". *European Food Research & Technology*, Vol. 240, p. 173-182.

Dias, C., Sousa, S., Caldeira, J., Reis, A. e Silva, T. L., 2015. "New dual-stage pH control fed-batch cultivation strategy for the improvement of lipids and carotenoids production by the red yeast Rhodosporidium toruloides NCYC 921". *Bioresource Technology*, Vol. 189, p. 309-318.

Esteban, R., Morana, J.F., Becerrilb, J.M. e García-Plazaola, J.I., 2015. "Versatility of carotenoids: An integrated view on diversity, evolution, functional roles and environmental interactions". *Environmental and Experimental Botany*, Vol. 119, p. 63-75.

Fábregas, J., Otero, A., Maseda, A. e Domínguez, A., 2001. "Two-stage cultures for production of astaxanthin from Haematococcus pluvialis". *Journal of Biotechnology*, Vol. 89, p. 65-71.

Ferreyra, M.M., Schvab, M.C., Davies, C.V., Gerard, L.M. e Solda, C.A., 2014. "Obtención de vinagre de naranja en proceso semicontinuo, a escala laboratório". *Ciencia, Docencia y Tecnología*, Vol. 25, n. 49, p. 154-165.

Fontana, J.D., Czeczuga, B., Bonfim, T.M.B., Chociai, M.B., Oliveira, B.H., Guimarães, M.F. e Baron, M., 1996. "Bioproduction of carotenoids: the comparative use of raw sugarcane juice and depolymerized bagasse by Phaffia Rhodozyma". *Bioresource Technology*, Vol. 58, p. 121-125.

Krinsky, N.I. e Johnson, E.J., 2005. "Carotenoid actions and their relation to health and disease". *Molecular Aspects of Medicine*, Vol. 26, p. 459-516.

Machado, W.R.C. e Burkert, J.F.M., 2014. "Produção de carotenoides microbianos pela levedura Sporidiobolus pararoseus utilizando coprodutos". *Revista de Engenharia e Tecnologia*, Vol. 6, n. 2, p. 59-69.

Maia, A.B.R.A., 2002. "Equipamentos para a produção de cachaça". *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, Vol. 23, n. 217, p. 63-66.

Schmidell, W., Soares, H.M., Etchebehere, C., Menes, R.J., Bertola, N.C. e Contreas, E.M., 2007. *Tratamento Biológico de Águas Residuárias*. Florianópolis: Ed. Tribo da Ilha.

Song, J., Li, D., He, M., Chen, J. e Liu, C., 2016. "Comparison of Carotenoid Composition in Immature and Mature Grains of Corn (Zea Mays L.) Varieties". *International Journal of Food Properties*, Vol. 9, n. 2, p. 351-358.

Stehlik-Tomas, V., Zetic, V.G., Stanzer, D., Grba, S. e Vahcic, N., 2004. "Zn, Cu and Mn Enrichment in S. cerevisiae". *Food Technology and Biotechnology*, Vol. 42, n. 2, p. 115-120.

Tsai, H., Chuang, L. e Chen, C.N., 2016. "Production of long chain omega-3 fatty acids and carotenoids in tropical areas by a new heat-tolerant microalga Tetraselmis sp. DS3". *Food Chemistry*, Vol. 192, p. 682-690.

Valduga, E., Valerio, A., Treichel, H., Di Luccio, M. e Furigo Júnior, A., 2008. "Study of the bio-production of carotenoids by Sporidiobolus salmonicolor (CBS 2636) using pre-treated agro-industrial substrates". *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. 83, p. 1267-1274.

Valduga, E., Tatsch, P.O., Vanzo, L.T., Rauber, F., Di Luccio, M.. e Treichel, H., 2009. "Assessment of hydrolysis of cheese whey and use of hydrolysate for bioproduction of carotenoids by *Sporidiobolus salmonicolor* CBS 2636". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 89, p. 1060 - 1065.

Valduga, E., Ribeiro, A.H.R., Cence, K., Colet, R., Tiggemann, L., Zeni, J. e Toniazzo, G., 2014. "Carotenoids production from a newly isolated *Sporidiobolus pararoseus* strain using agroindustrial substrates". *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, Vol. 3, p. 207-213.

Venil, C.K., Zakaria, Z.A. e Ahmad, W.A., 2013. "Review: Bacterial pigments and their applications". *Process Biochemical*, Vol. 48, p. 1065–1079.

Wu, J., Cho, E., Willett, W.C., Sastry, S.M. e Schaumberg, D.A., 2015. "Intakes of Lutein, Zeaxanthin, and Other Carotenoids and Age-Related Macular Degeneration During 2 Decades of Prospective Follow-up". *JAMA Ophthalmology*,Vol. 33, n. 12, p. 1415-1424.

7. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE SESORIAL DE PÃO DE QUEIJO COM DIFERENTES AMIDOS NATIVOS E MODIFICADOS

Rosicler Colet*
Ronei Dariva
Ilizandra Fernandes
Alexandra Manzoli
Daniele Bucior
Geciane Toniazzo Backes
Eunice Valduga
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Erechim
rosicler.colet@bol.com.br *
falecomorooney@hotmail.com
ilizandrafernandes@yahoo.com.br
alexxiamanzoli@gmail.com
danii_bucior@hotmail.com
gtoniazzo@uricer.edu.br
veunice@uricer.edu.br

Resumo*. O amido de mandioca é o principal ingrediente utilizado para obtenção do pão de queijo, tanto na forma nativa quanto modificada. A modificação provem melhorias no amido nativo tanto para o processo de fabricação, como propiciando entre outras particularidades a maior resistência a ciclos de congelamento e reduzindo a necessidade do escaldo para gelatinização do amido. Neste contexto o objetivo deste trabalho foi realizar a análise sensorial das diferentes formulações do produto, com amido nativo e modificado, a fim de verificar a aceitabilidade do mesmo. A partir da combinação dos amidos nativos e modificados foram produzidas 6 diferentes massas tendo como base uma formulação padrão, onde eram alterados os amidos utilizados. A avaliação das 6 massas na analise sensorial demonstrou diferenças estatisticamente significativas, e M1 se destacou positivamente perante os demais com um índice de aceitabilidade geral de 8,04 em um escala de 1 a 9.*

Palavras-chave*: Amido nativo, amido modificado, pão de queijo e analise sensorials.*

1. INTRODUCÃO

O pão de queijo é um produto a cada dia mais frequente na alimentação, não só de brasileiros, mas também de europeus, americanos e argentinos, e seguindo a tendência do mercado vem se modernizando com enfoque de um estilo de vida mais saudável. É um produto de panificação que apresenta como benefícios ser uma grande fonte de energia, por causa de seu alto teor de carboidratos e grande aceitabilidade devido a suas características sensoriais, ainda tem a atribuição de ser um produto que pode ser consumido por pessoas portadoras de doença celíaca, por não possuir as proteínas do trigo que formam o glúten (Pereira *et al*., 2004).

O pão de queijo ocupa o 3º lugar na lista dos produtos panificados mais consumidos no país, representando um percentual de 31% do total de todos os produtos desta classe comercializados no país, o quitute mineiro ainda é o mais vendido nas cafeterias, lanchonetes e padarias do Brasil, representando 15% da vitrine de todos os salgados (Food Magazine, 2015).

O amido de mandioca constitui o principal ingrediente para fabricação do pão de queijo, entretanto as alterações decorrentes dos métodos de plantio, solo, sazonalidade, e técnicas de obtenção, fazem com que os amidos de mandioca comercializados para uso industrial apresentem características tecnológicas distintas, que afetam as propriedades reológicas da massa e a qualidade do pão de queijo (Aplevicz and Demiate, 2007).

Industrialmente é inconveniente a utilização do processo de escaldo do amido de mandioca (processo onde despeja-se sobre o amido uma mistura aquecida de óleo e água/leite para a gelatinização do amido de mandioca), devido aos gastos energéticos para prover o aquecimento de óleo e água, além da possibilidade de contaminação microbiana à massa do produto, e desta forma podem ser associados amidos de mandioca modificados pré-gelatinizados a formulação, que são solúveis em água fria e desfazem a necessidade deste processo (Bello-Pérez *et al*., 2006).

O uso da modificação, física, química ou enzimática provem características importantes aos amidos de mandioca, entre elas podemos citar a maior resistência a ciclos contínuos de congelamento e descongelamento, maior estabilidade

frente a temperatura, maior rendimento, melhoras nas características do gel (textura e consistência) e a solubilidade em água fria (Andrade, 2012).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar sensorialmente pães de queijo com diferentes amidos nativos e modificados produzidos em escala industrial.

2. METODOLOGIA

2.1 Material e delineamento experimental

Neste estudo foram utilizadas duas marcas comerciais de amido nativo de mandioca (fécula de mandioca) (fécula de mandioca 1 (F1) e fécula de mandioca 2 (F2)) e três diferentes marcas comerciais de amidos de mandioca modificados obtidos por acetilação e pré-gelatinizados (amido modificado acetilado pré gelatinizado 1 (AM1) amido modificado acetilado pré gelatinizado 2 (AM2) e amido modificado acetilado pré gelatinizado 3 (AM3)).

Com estes ingredientes foram previamente desenvolvidas seis formulações (M1= F1 e AM1; M2= F1 e AM2; M3= F1 e AM3; M4= F2 e AM2; M5= F2 e AM3; M6= F2 e AM1) para os tratamentos, onde manteve-se inalterada a proporção de cada ingrediente na formulação padrão (Tab. 1), alterando-se os amidos nativos de mandioca entre as 2 marcas comerciais e as 3 marcas de amidos modificados acetilados pré-gelatinizados de mandioca citados.

Tabela 1. Formulação padrão dos pães de queijo

Ingredientes	Quantidades
Amido Nativo	2,5kg
Amido modificado acetilado pré-gelatinizado	375g
Óleo de soja	900g
Margarina	50g
Soro de leite em pó	75g
Sal	200g
Queijo parmesão desidratado	50g
Ovo líquido pasteurizado	1,0kg
Água	2,3L
Queijo parmesão	400g

2.2 Processamento dos pães de queijo

Os pães de queijo foram produzidos em uma indústria local situada no município de Erechim, RS. O processamento tecnológico seguiu basicamente as etapas de: pesagem de matéria-prima, mistura dos ingredientes, obtenção da massa, extrusão, modelagem, congelamento e forneamento. Os pães de queijo foram assados em forno a gás modelo turbo gás V200 (Lieme, RS, Brasil) a 170ºC por 30 minutos com posterior acionamento da turbina por 4 minutos.

2.3 Análise sensorial

Na análise sensorial foi conduzido teste de aceitabilidade, com as formulações do pão de queijo. O objetivo do teste foi de avaliar o grau com que os consumidores gostaram ou desgostaram dos produtos mencionados (Teste de aceitação).

A equipe de provadores foi constituída por 35 provadores não-treinados, de ambos os sexos, composta por discentes, docentes e funcionários da instituição.

As amostras foram submetidas a cocção em forno e distribuídas aos provadores, na temperatura de 50ºC., na quantidade de 60g, de forma monádica e balanceada, em recipientes codificado com números aleatórios de três dígitos, juntamente com as fichas de avaliação dos testes afetivos, escala hedônica estruturada de nove pontos (Queiroz and Treptow, 2006). A Tab. 2 apresenta o modelo das fichas utilizadas nas avaliações sensoriais.

Os testes foram conduzidos nas cabines de analise do laboratório de analise sensorial da URI - Campus de Erechim, em testes individuais. As amostras foram forneadas no momento da análise.

Tabela 2. Modelo da ficha utilizada para avaliação sensorial dos pães de queijo.

ESCALA HEDÔNICA

Nome:_____ Data: _____

1. Por favor, avalie cada uma das amostras codificadas de pão de queijo e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada uma das amostras

9 – gostei muitíssimo
8 – gostei muito
7 – gostei moderadamente
6 – gostei ligeiramente
5 – nem gostei / nem desgostei
4 – desgostei ligeiramente
3 – desgostei moderadamente
2 – desgostei muito
1 – desgostei muitíssimo

IMRESSÃO GLOBAL

Amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários:_____

2.3 Análise estatística

Os resultados foram tratados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA), seguida de Teste de Tukey com nível de 95 % de confiança, com auxílio do software Statistica versão 8.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ter o conhecimento de como os consumidores percebem os produtos alimentares é fundamental para a indústria de alimentos no âmbito do desenvolvimento e comercialização de novos produtos, reformulação dos já existentes e otimização dos processos de fabricação e para o controle dos programas de qualidade. (Meilgaard *et al*., 1999).

A analise sensorial foi realizada para perceber a aceitação e preferencia de potenciais consumidores para com as 6 diferentes formulações de pães de queijo, os resultados da analise sensorial são apresentados na Tab. 3, a seguir.

Tabela 3. Valores médios*1 e desvio padrão para intenção de compra, obtidos por analise sensorial.

Tratamento	**Aceitabilidade**	
	$\overline{X}$	σ
M1	8,04 [a]	±0,690
M2	7,52 [ab]	±0,593
M3	7,13 [b]	±0,869
M4	6,13 [c]	±0,757
M5	6,30 [c]	±0,765
M6	6,39 [c]	±0,583

[1]Média de 35 provadores

*Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

$\overline{X}$: Média

σ : Desvio padrão

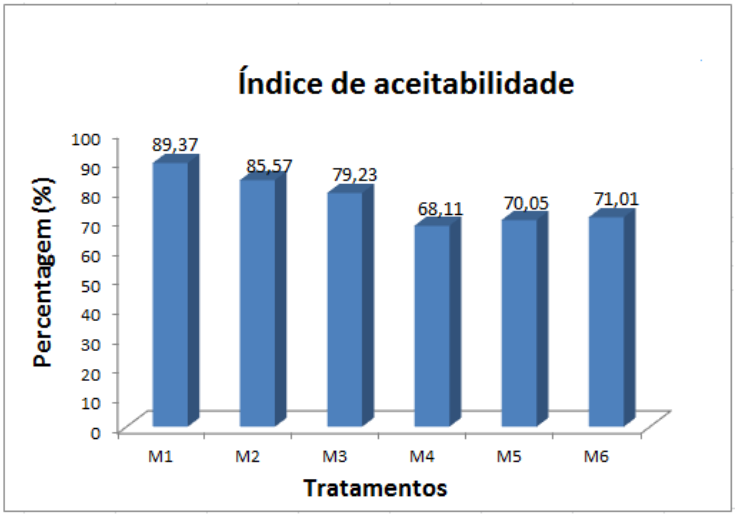
De forma geral os pães de queijo foram bem aceitos pelos provadores, apresentando em média valores de aceitabilidade global entre 6,13 – 8,04 que se referem a “gostei ligeiramente” e “gostei muito” na escala hedônica de 9 pontos propostas por Queiroz and Treptow (2006) e utilizada neste estudo.

A utilização dos diferentes amidos modificados e nativos apresentou efeito significativo ($p \leq 0,05$) para a analise sensorial e, por conseguinte para a aceitabilidade (Tabela 14) dos pães de queijos desenvolvidos a partir das 6 formulações.

O tratamento M1 (8,04) foi o qual obteve a maior média de notas dentre os tratamentos, se destacando positivamente frente aos demais, em geral os tratamentos constituídos de F1 (M1, M2 e M3) apresentaram maiores valores para aceitabilidade que os pães de queijo elaborados com F2 (M4, M5 e M6).

Através das notas atribuídas pelos provadores pode ser calculado o índice de aceitabilidade (IA), o qual é apresentado na Figura 1.

Figura 1. Índice de aceitabilidade dos pães de queijo.



Segundo Teixeira *et al.* (1987) para um produto ser aceito pelos provadores este deve atingir um percentual de aceitabilidade maior ou igual a 70%, desta forma apenas a formulação M4 não foi aceita pelos provadores, os outros 5 tratamentos apresentaram índice de aceitabilidade maior que 70% demonstrando que possuem bom potencial para ao consumo, visto que foram aceitos pelos provadores, com destaque para o tratamento M1 que apresentou índice de aceitabilidade de 89,37%.

4. CONCLUSÃO

Os resultados da análise sensorial demonstraram que a formulação elaborada com F1+AM1 (M1) apresentou uma maior aceitação se sobressaindo das demais formulações.

Os amidos tem papel definitivo na produção industrial dos pães de queijo, e desta forma a escolha do amido é de fundamental importância para assegurar a qualidade final do produto.

O uso de amido modificado acetilado pré-gelatinizado associado a amido nativo nas proporções utilizadas no estudo tiveram em geral boa aceitabilidade por parte dos provadores, e todos os amidos acetilados pré-gelatinizados se mostraram adequados para a elaboração de pães de queijo em processo industrial sem que seja necessário o escaldo do amido. O trabalho trouxe dados e analises novas para os produtos e atributos avaliados, vindo a contribuir em um meio onde a literatura é escassa.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CNPq, CAPES, FAPERGS, Zin Pão Indústria e URI pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

Andrade, L.P, 2012. *Amidos modificados e estabilizantes na qualidade do pão de queijo de massa congelada durante o armazenamento*. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Aplevicz, K.S. and Demiate, I.M., 2007. "Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados". *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol. 27, 3, p.478-484.

Bello-Pérez, L.A., Montealvo, M.G.M. e Acevedo, E.A., 2006. "Almidón:definición, estructura y propriedas". In: Lajolo, F.M.;Menezes, E.W. *Carbohidratos em alimentos regionales iberoamericano.*, São Paulo: Edusp, p. 17-46.

Food Magazine, 2015. "Pão de queijo, o quitute brasileiro é o mais vendido nas cafeterias, lanchonetes e padarias do Brasil. São Paulo: Food Magazine. 11 Out. 2016 < http://www.foodmagazine.com.br/food-service-noticia-produtos/pao-de-queijo>.

Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T., 1999. *Sensory evaluation techniques*, CRC, New York.

Pereira, J., Ciacco, C.F., Vilela, E.R. e Pereira, R.G.F.A., 2004. "Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo". *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Vol. 24, 4, p. 494-500.

Queiroz, M.I. and Treptow, R.O., 2006. *Análise sensorial para avaliação da qualidade dos alimentos*. Editora da FURG, Rio Grande, p. 266.

Teixeira, E., Menert, E.M. e Barberta, P.A., 1987. *Análise sensorial de alimentos*. Ed. Da UFSC, Florianópolis, p. 180.

7. RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE IMOBILIZAÇÃO DO XEROGEL USANDO TMOS COMO PRECURSOR E POLIETILENOGLICOL COMO ADITIVO DA SINTESE CATALITICA

Thais Comin
Angela Antunes
Aline M. M. Ficanha
Leonardo Meirelles da Silva
Rogério Marcos Dallago
Andressa Saraiva
Jamile Zeni
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Avenida Sete de Setembro – 1621, Erechim – RS, Brasil.
th-thais@hotmail.com

Ivana Correa Ramos Leal
Departamento de Produtos Naturais e Alimentos - Programa de Pós-Graduação em Produtos Bioativos e Biociências. UFRJ - Campus Macaé

Mauricio Moura da Silva
Centro de Ciências Agrárias e Biológicas - Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia – PPGBIO UCS – Caxias do Sul.

RESUMO: *A imobilização de enzima do tipo lípase em xerogel usando sílica tetrametilortosilicato (TMOS) como precursor é realizada para a obtenção de maior atividade possível utilizando o método de solgel. Imobilizando a enzima Cândida antárctica comercial (CALB) em suporte polimérico colocando solução enzimática e/ou solução de aditivo e variando o volume de água na formação do suporte, é feita deixando o suporte em agitação e é adicionado TMOS e etanolamina e volta para a agitação ate secar o biocatalizador imobilizado, também é feito o processo de esterificação utilizando acido oleico e álcool etílico, que com este experimento constatou que o suporte com maior volume de água contendo o aditivo PEG teve o melhor resultado.*

Palavras chave: *lípase, xerogel, solgel, biocatalizador.*

1. INTRODUÇÃO

As enzimas são catalisadores biológicos, de natureza proteica, que participam de várias reações químicas, tendo como papel principal o controle metabólico (Coelho, M.A.Z.; Salgado A.M.; Ribeiro, B.D. 2008).

As enzimas como biocatalisadores são altamente específicas aos seus substratos, proporcionando produtos seletivos que podem ser considerados como naturais (Ficanha, A.M.M. et al., 2015). Dentre os diferentes métodos destaca-se a imobilização em xerogel obtida pela técnica sol-gel e dentre as enzimas, as lipases vêm sendo estudadas como catalisadores alternativos para diferentes reações químicas, tais como hidrólise de ácidos graxos (Souza, R.L. et al., 2012); (Lee, S.H. et al., 2007), esterificação (Freitas, L. et al., 2007) e transesterificação (de Paula, A.V. et al., 2005). Porém, seu uso na forma livre torna-se limitado devido ao custo, principalmente em função da impossibilidade de reutilização e da sua estabilidade térmica e química (de Castro, H.F. et al., 2004) (Reis, P. et al., 2009).

Desta forma, a técnica de imobilização apresenta-se como uma alternativa para contornar tais limitações, pois permite a separação da enzima do meio reacional e, consequentemente, a sua utilização mais que uma vez, além de possibilitar uma maior estabilidade à enzima (Sabbani, S. et al., 2006) (Wang, Y. et al., 2008).

O processo para formação do xerogel possui diversas variáveis que determinam as características finais dos materiais, tais como o grupo silanol precursor da sílica (TEOS, TMOS) (Vila-Real, H. et al., 2011), o iniciador da reação de polimerização (HCl, HBr, HF, NH4OH), bem como o tempo de hidrólise e condensação e a homogeneidade do produto. Além disso, alguns aditivos químicos (polietilenoglicol (PEG), polivinilálcool (PVA), líquidos iônicos e albumina) podem ser usados para melhorar o processo, permitindo a obtenção de materiais com melhores propriedades estruturais que reflete em melhor estabilidade térmica e química da enzima (Reetz, M. T. et al., 2003) (Soares, C. M. et al., 2006).

Desse modo, estudou-se a aplicação de xerogel alcançado pelo método solgel, através de tetrametilortosilicato (TMOS) como precursor da sílica, para imobilizar lipase de Candida antartica do tipo B, e a melhor razão entre os agentes formadores do imobilizado para obtenção da maior atividade enzimática possível.

2. METODOLOGIA

2.1 Imobilização de *Candida antárctica* comercial (CALB) em suporte polimérico

A lipase de Candida antartica B foi imobilizada in situ em uma matriz hidrofóbica obtida pelo método sol-gel. A metodologia utilizada para a preparação dos suportes foi adaptada da descrita por Macario et al., (2009), onde manteve-se os valores descritos para o CTMABr, TMOS e Etanolamina, e variou-se o volume de água, concentração de enzima e de PEG no processo de imobilização. Nesta etapa, foi realizado um estudo prévio de volume de água utilizado no processo, fixando a massa de Brometo de Cetiltrimetilamônio (CTMABr) em 1,4578 g, concentração da solução enzimática em 0,18 g/mL, concentração da solução de PEG 1500 em 0,10 g/mL, volume de TMOS 3,695 mL e de Etanolamina 0,075 mL. A presença e ausência do PEG 1500 na solução total também foi avaliada.

Inicialmente, foi preparada uma solução aquosa de CTMABr, mais 2 mL da solução de enzima e 1 mL de PEG 1500. Água destilada foi adicionada para alcançar o volume total desejado para o experimento, sendo que estes foram de 10, 12 15 e 18 mL. Essa solução foi submetida por 1 h a agitação em agitador orbital (shaker), a temperatura ambiente, 300 rpm. Após este período, foram adicionados 3,695 mL de TMOS e 0,075 mL de Etanolamina. Então, a solução foi submetida novamente a agitação, em agitador orbital, a temperatura ambiente, por um período de 24 h para completar a secagem do suporte.

2.2 Atividade Enzimática – Esterificação

A atividade de esterificação da enzima será quantificada através da reação de ácido oleico e álcool etílico (razão molar de 1:1) (Ferraz et al., 2012). Em primeiro lugar, 0,1 g de enzima serão adicionados para os substratos. A reação ocorrerá a 40 °C, 160 rpm e 40 min. Alíquotas de 0,5 mL são retirados no final da reação. Para cada amostra, 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1: 1) (v / v) é adicionado para parar a reação. A quantidade de ácido oleico consumido será determinada por titulação com NaOH 0,05 mol L-1. Uma unidade de atividade de lipase será definida como a quantidade de enzima que consome 1μmol de ácido oleico por minuto nas condições experimentais estabelecidas.

$$AE = \frac{(V_b - V_a) \times M \times 1000 \times V_f}{t \times m \times V_c}$$

AE: Atividade de esterificação (U/g);

Va: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada após 40 minutos (mL);

Vb: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra do branco (mL);

M: Molaridade da solução de NaOH;

Vf : Volume final de meio reacional (mL);

t: Tempo (minutos);

m: Massa da solução enzimática ou do suporte utilizado (g);

Vc: Volume da alíquota do meio reacional retirada para titulação (mL).

3. RESULTADOS

3.1 Influência da concentração de PEG e de enzima e volume de água na atividade de esterificação do imobilizado

Para a otimização do processo de imobilização considerando como variáveis, concentração de PEG e de enzima e volume total de água, foi construído um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) 2^3 a fim de se obter a máxima atividade de esterificação. Os resultados obtidos para cada experimento realizado encontram-se na Tabela 1, que apresenta os valores codificados, valores reais e seus respectivos resultados.

Tabela 1: Planejamento DCCR 2^3 completo para otimizar variáveis da imobilização da lipase para a máxima atividade de esterificação.

Experimento	**X_1 (mL)**	**X_2 (g/mL)**	**X_3 (g/mL)**	**Média AE ± DPad**
1	-1 (12,00)	-1 (0,180)	-1 (0,100)	133,37 ± 33,97
2	+1 (18,00)	-1 (0,180)	-1 (0,100)	176,45 ± 28,43
3	-1 (12,00)	+1 (0,540)	-1 (0,100)	184,30 ± 42,56
4	+1 (18,00)	+1 (0,540)	-1 (0,100)	230,35 ± 21,00
5	-1 (12,00)	-1 (0,180)	+1 (0,200)	173,34 ± 12,38
6	+1 (18,00)	-1 (0,180)	+1 (0,200)	182,22 ± 36,70
7	-1 (12,00)	+1 (0,540)	+1 (0,200)	210,58 ± 42,12
8	+1 (18,00)	+1 (0,540)	+1 (0,200)	262,22 ± 14,65
9	-1,68 (9,96)	0 (0,360)	0 (0,150)	139,13 ± 11,59
10	+1,68 (20,04)	0 (0,360)	0 (0,150)	152,94 ± 11,76
11	0 (15,00)	-1,68 (0,058)	0 (0,150)	199,03 ± 33,47
12	0 (15,00)	+1,68 (0,662)	0 (0,150)	255,31 ± 29,01
13	0 (15,00)	0 (0,360)	-1,68 (0,066)	145,18 ± 17,51
14	0 (15,00)	0 (0,360)	+1,68 (0,234)	174,74 ± 6,58
15	0 (15,00)	0 (0,360)	0 (0,150)	393,26 ± 19,46
16	0 (15,00)	0 (0,360)	0 (0,150)	394,92 ± 17,92
17	0 (15,00)	0 (0,360)	0 (0,150)	394,20 ± 11,59

X_1: Volume total de água; X_2: Concentração de enzima; X_3: Concentração de PEG.

Pode-se observar na Tabela 1 que os experimentos do ponto central do planejamento (X_1 = 15 mL; X_2 = 0,36 g/mL; X_3 = 0,15 g/mL) apresentaram a maior atividade de esterificação, chegando a 394,92 U/g, enquanto o experimento com menor volume de água e menores concentrações de PEG e enzima (Experimento 1) apresentou a menor atividade.

4. **CONCLUSÃO**

Com tudo, pode-se concluir que, em especial a atividade de esterificação do suporte é muito importante, pois todo o rendimento da imobilização é influenciada por esta atividade. O experimento do biocatalizador com maior volume de água utilizado no suporte e com presença de PEG foi o que apresentou o maior rendimento, e os demais experimentos contendo PEG também tiveram melhor rendimento comparados com seus respectivos sem PEG, e com o menor volume de água empregando menor concentração de PEG apresentou resultados que tem menor rendimento comparado os vários volumes de água utilizados para a fabricação dos suportes. Com um bom rendimento da enzima melhor vai ser seu aproveitamento utilizando este tipo de suporte.

5. AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem a URI- Campus Erechim, CAPES e CNPq.

6. REFERÊNCIAS

Coelho, M. A. Z., Salgado, A. M., Ribeiro, B. D. Tecnologia Enzimática. Editora EPUB, 2008.

De Castro, H. F., Mendes, A. A., Dos Santos, J. C., & De Aguiar, C. L. Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. Química Nova, v. 27, p. 146-156, 2004.

De Paula, Ariela V.; De Sbarboza, J. C.; De Castro, Heizir F. Estudo da influência do solvente, carboidrato e ácido graxo na síntese enzimática de ésteres de açúcares. Química Nova, v. 28, p. 792, 2005.

Ferraz, L. R.; Oliveira, D. S.; Silva, M. F.; Rigo, E.; Di Luccio, M.; Oliveira, J. V.; Oliveira, D.; Treichel, H. Production and partial characterization of multifunctional lipases by Sporobolomyces ruberrimus using soybean meal, rice meal and sugarcane bagasse as substrates. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, v. 1, p. 243-252, 2012.

Ficanha, A. M. M., Nyari, N. L. D., Levandoski, K., Mignoni, M. L., & Dallago, R. M. Estudo da imobilização de lipase em sílica obtida pela técnica sol-gel. Química Nova, v. 38, p. 364-369, 2015.

Freitas, L., Perez, V. H., Santos, J. C., & Castro, H. F. D. Enzymatic synthesis of glyceride esters in solvent-free system: influence of the molar ratio, lipase source and functional activating agent of the support. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 18, p. 1360-1366, 2007.

Lee, S. H., Doan, T. T. N., Ha, S. H., & Koo, Y. M. Using ionic liquids to stabilize lipase within sol–gel derived silica. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 45, p. 57-61, 2007.

Macario, A.; Moliner, M.; Corma, A.; Giordano, G. Increasing stability and productivity of lipase enzyme by encapsulation in a porous organic– inorganic system. Microporous and Mesoporous Materials, v. 118, p. 334– 340, 2009.

Reetz, M. T., Tielmann, P., Wiesenhöfer, W., Könen, W., & Zonta, A. Second generation sol-gel encapsulated lipases: Robust heterogeneous biocatalysts. Advanced synthesis & catalysis, v. 345, p. 717-728, 2003.

Reis, P., Holmberg, K., Watzke, H., Leser, M. E., & Miller, R. Lipases at interfaces: a review. Advances in colloid and interface science, v. 147, p. 237-250, 2009.

Sabbani, S., Hedenström, E., & Nordin, O. The enantioselectivity of Candida rugosa lipase is influenced by the particle size of the immobilising support material Accurel. Journal of molecular catalysis B: Enzymatic, v. 42, p. 1-9, 2006.

Souza, R.L., Resende, W.C., Barão, C.E., Zanin, G.M., De Castro, H.F., Santos, O.A., Fricks, A.T., Figueiredo, R.T., Lima, Á.S. and Soares, C.M., Influence of the use of Aliquat 336 in the immobilization procedure in sol–gel of lipase from Bacillus sp. ITP-001. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 84, p. 152-159, 2012.

Vila-Real, H., Alfaia, A. J., Rosa, J. N., Gois, P. M., Rosa, M. E., Calado, A. R., & Ribeiro, M. H. α-Rhamnosidase and β-glucosidase expressed by naringinase immobilized on new ionic liquid sol–gel matrices: activity and stability studies. Journal of biotechnology, v. 152, p. 147-158, 2011.

Wang, Y., & Hsieh, Y. L. Immobilization of lipase enzyme in polyvinyl alcohol (PVA) nanofibrous membranes. Journal of Membrane Science, v. 309, p. 73-81, 2008.

7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DA ATIVIDADE OPERACIONAL (RECICLOS) DA CALB IMOBILIZADA *in situ* EM XEROGEL COM E SEM A ADIÇÃO DE POLIETILENOGLICOL

Thais Comin
Angela Antunes
Aline M. M. Ficanha
Leonardo Meirelles da Silva
Rogério Marcos Dallago
Andressa Saraiva
Jamile Zeni
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Avenida Sete de Setembro – 1621, Erechim – RS, Brasil.
th-thais@hotmail.com

Ivana Correa Ramos Leal
Departamento de Produtos Naturais e Alimentos - Programa de Pós-Graduação em Produtos Bioativos e Biociências. UFRJ - *Campus Macaé.*

Mauricio Moura da Silva
Centro de Ciências Agrárias e Biológicas - Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia – PPGBIO UCS – Caxias do Sul.

RESUMO: *Os suportes serão preparados solubilizando brometo de cetiltrimetilamônio em água, solução enzimática e em algumas amostras solução do aditivo,após adiciona-se o precursor da sílica tetrametilortosilicato (TMOS) e a etanolamina.O rendimento do derivado imobilizado será calculado.A eficiência da estabilidade operacional (reutilização) de lipase imobilizada* in situ *em xerogel é determinada pelo emprego de uma quantidade definida de enzima imobilizada em sucessivos ciclos de síntese de oleato de etilo, as amostras serão removidas do meio de reação, lavadas com água destilada e adicionada uma nova solução de ácido oleico e etanol. A atividade residual (AR) de cada ciclo será calculada.*

Palavras chave: *lípase, xerogel, solgel, reciclo.*

1. INTRODUÇÃO

As enzimas são catalisadores biológicos que na sua grande maioria, são proteínas que atuam como catalisadores, e são polipeptídios constituídos de resíduos de aminoácidos. São substâncias que alteram a velocidade de uma reação química em até 1020 vezes. As enzimas têm a função de induzir, direcionar e melhorar os rendimentos de reações, e são biomoléculas notáveis pela sua especificidade e poder catalítico (Campbell, *et al.*, 2006).

As lipases são biocatalisadores versáteis que são usados nas reações de hidrólises de óleos e gorduras. Entretanto, sob condições reacionais específicas, também são capazes de catalisar as reações de esterificação, transesterificação e interesterificação (Rajendran *et al.*, 2009).Diferentes técnicas de imobilização são utilizadas para conservar a natureza catalítica do biocatalisador, dentre elas, destaca-se o método sol-gel baseado em métodos químicos e físicos, que consiste em proteger às biomoléculas em um volume definido e criar um único compartimento, representando um microambiente separado do ambiente externo (Kato et al., 2011).

A técnica de sol-gel consiste em reter a enzima no interior da matriz ou em sua superfície a fim de conferir estabilidade mecânica e bioquímica superior às técnicas convencionais. Este processo pode ser facilmente reconhecido, pois se trata de uma rota de síntese de materiais onde em um determinado momento ocorre a transição do sistema sol pra um sistema gel (Hiratsuka et al., 1995).A imobilização da enzima no interior das matrizes produzidas pelo processo de sol-gel é uma técnica vantajosa, pois reserva a atividade enzimática e evita a sua lixiviação (Alfaya e Kubota, 2002).

A imobilização pode ocorrer por encapsulamento (Meunier, S.M. et al., 2010) (Noureddini, H. et al., 2005), que consiste em proteger os biocatalisadores em um único compartimento de volume definido, que representa um microambiente separado do ambiente externo, por ligação cruzada (Katsuya, K. A. T. O. et al., 2011) (Kumari, V. et

al., 2007), ligação covalente (Dizge, N. et al., 2009) ou adsorção (química ou física) (Lu, J. et al., 2010) (Jian-Xun, W. A. N. G. et al., 2007).

O uso de aditivos no processo de imobilização sol-gel são agentes que influenciam positivamente o aumento da atividade e da estabilidade de enzimas imobilizadas (Hara et al., 2010). Essa influência está diretamente associada à proteção da enzima contra a inativação durante a etapa de encapsulamento. Dentre os principais aditivos utilizados na imobilização de enzimas, destacam-se a albumina (Soares et al., 2003), álcool polivinílico (Freitas et al., 2009), polietilenoglicol (Soares et al., 2006; Pinheiro et al., 2008; Ficanha et al., 2015) e, recentemente, o uso de líquidos iônicos (Zarcula et al., 2010; Hara et al., 2010; Ursoiu et al., 2012; Barbosa et al., 2014).

O estudo da aplicação de xerogel utilizando o método solgel, através de tetrametilortosilicato (TMOS) como precursor da sílica, para imobilizar lipase de Candida antartica do tipo B, e a melhor razão entre os agentes formadores do imobilizado para obtenção da maior atividade enzimática possível.

2. METODOLOGIA

2.1. Imobilização da lipase em suporte polimérico (Xerogel)

A lipase de Candida antartica B foi imobilizada in situ em uma matriz hidrofóbica obtida pelo método sol-gel. A metodologia utilizada para a preparação dos suportes foi adaptada da descrita por Macario et al., (2009), onde manteve-se os valores descritos para o CTMABr, TMOS e Etanolamina, e variou-se o volume de água, concentração de enzima e de PEG no processo de imobilização. Nesta etapa, foi realizado um estudo prévio de volume de água utilizado no processo, fixando a massa de Brometo de Cetiltrimetilamônio (CTMABr) em 1,4578 g, concentração da solução enzimática em 0,18 g/mL, concentração da solução de PEG 1500 em 0,10 g/mL, volume de TMOS 3,695 mL e de Etanolamina 0,075 mL. A presença e ausência do PEG 1500 na solução total também foi avaliada.

Inicialmente, foi preparada uma solução aquosa de CTMABr, mais 2 mL da solução de enzima e 1 mL de PEG 1500. Água destilada foi adicionada para alcançar o volume total desejado para o experimento, sendo que estes foram de 10, 12 15 e 18 mL. Essa solução foi submetida por 1 h a agitação em agitador orbital (shaker), a temperatura ambiente, 300 rpm. Após este período, foram adicionados 3,695 mL de TMOS e 0,075 mL de Etanolamina. Então, a solução foi submetida novamente a agitação, em agitador orbital, a temperatura ambiente, por um período de 24 h para completar a secagem do suporte.

2.2 Atividade Enzimática – Esterificação

A atividade de esterificação da enzima será quantificada através da reação de ácido oleico e álcool etílico (razão molar de 1:1) (Ferraz et al., 2012). Em primeiro lugar, 0,1 g de enzima serão adicionados para os substratos. A reação ocorrerá a 40 °C, 160 rpm e 40 min. Alíquotas de 0,5 mL são retirados no final da reação. Para cada amostra, 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1: 1) (v / v) é adicionado para parar a reação. A quantidade de ácido oleico consumido será determinada por titulação com NaOH 0,05 mol L-1. Uma unidade de atividade de lipase será definida como a quantidade de enzima que consome 1μmol de ácido oleico por minuto nas condições experimentais estabelecidas.

$$AE = \frac{(V_b - V_a) \times M \times 1000 \times V_f}{t \times m \times V_c}$$

AE: Atividade de esterificação (U/g);

Va: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada após 40 minutos (mL);

Vb: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra do branco (mL);

M: Molaridade da solução de NaOH;

Vf : Volume final de meio reacional (mL);

t: Tempo (minutos);

m: Massa da solução enzimática ou do suporte utilizado (g);

Vc: Volume da alíquota do meio reacional retirada para titulação (mL).

2.3 Eficiencia da estabilidade operacional

A eficiência da estabilidade operacional (reutilização) de lipase imobilizada *in situ* em xerogel é determinada pelo emprego de uma quantidade definida de enzima imobilizada em sucessivos ciclos de síntese de oleato de etilo

(descrito acima). Depois de cada batelada, as amostras serão removidas do meio de reação, lavadas com água destilada e adicionada uma nova solução de ácido oleico e etanol. A atividade residual (AR) de cada ciclo será calculada tal como apresentado na Equação abaixo:

$$AR(\%) = \frac{Atividade^{\,i}}{Atividade^{\,0}} x100$$

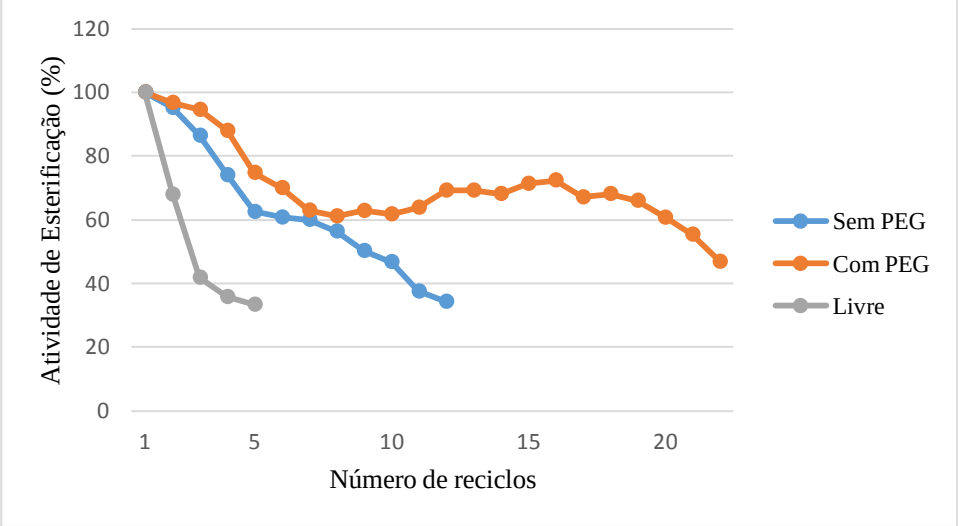
Onde:
Atividade i: Atividade de esterificação no tempo "i"
Atividade 0: Atividade de esterificação no tempo inicial

3. RESULTADOS

O fato das enzimas na forma livre serem solúveis no meio reacional implica em custo, já que estas têm valor agregado alto. Dessa forma, a reutilização destes biocatalisadores em mais de um ciclo de reação é interessante entre os principais objetivos da imobilização (Ficanha, 2014).

O estudo da estabilidade operacional ou reuso foi realizado com o suporte obtido nas condições ótimas do planejamento experimental. A Figura 1 apresenta a atividade residual e o número de reciclos realizados com o suporte:

Figura 1. Atividade residual da enzima imobilizada em função do número de reciclos.



Observa-se que o número de reciclos obtidos, considerando 50% da atividade inicial, chegou a 21 para o imobilizado com a presença do aditivo PEG, já para o imobilizado sem a presença do aditivo o número de reciclos com atividade residual proposta foi de apenas 9 e para a enzima livre após o terceiro ciclo a atividade caiu consideravelmente.

Estes resultados demonstram que o suporte tem uma boa resistência à possíveis agressões do meio reacional e preserva a atividade enzimática com qualidade durante os ciclos reacionais.

4. CONCLUSÃO

Após o término do experimento, concluiu-se que os imobilizados que continham a presença do aditivo PEG apresenta o maior numero de reciclos com atividade residual, no caso dos imobilizados sem a presença do aditivo PEG o numero de reciclos caiu para mais da metade e o imobilizado com enzima livre teve uma queda rápida e sem muitos reciclos. Imobilizados contendo o aditivo PEG tem a maior atividade enzimática comparado com os imobilizados sem PEG e com enzima livre. Assim , a melhor opção para imobilizar será utilizando o aditivo PEG, pois neste experimento foi o que mais teve rendimento e melhor desempenho do processo.

5. AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem a URI- Campus Erechim, CAPES e CNPq.

6. REFERÊNCIAS

Alfaya, A.; Kubota, L. T. A. Utilização de materiais obtidos pelo processo de sol-gel na construção de biossensores. Química Nova, v. 25, p. 935-941, 2002.

Barbosa, A. Dos S.; Silva, M. A. De O.; Carvalho, N. B.; Mattedi, S.; Iglesias, M. A.; Fricks, A. T.; Lima, A. S.; Franceschi, E.; Soares, C. M. F. Immobilization of lipase by encapsulation in silica aerogel. Química Nova, v. 37, p. 969-976, 2014.

Campbell, M. K.; Farrell, S. O.; Bioquímica, 5a Ed., cap. 6, Thomson, SP, 2006. Characterization of sol–gel encapsulated lipase using tetraethoxysilane as precursor. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 39, p.69–76, 2006.

Dizge, Nadir; Keskinler, Bülent; Tanriseven, Aziz. Biodiesel production from canola oil by using lipase immobilized onto hydrophobic microporous styrene–divinylbenzene copolymer. Biochemical Engineering Journal, v. 44, p. 220-225, 2009.

Ficanha, A. M. M.; Nyari, N. L.D.; Levandoski, K.; Mignoni, M. L.; Dallago, R. M.; Estudo da imobilização de lipase em sílica obtida pela técnica sol-gel. Química Nova, v.38, p. 364-369, 2015.

Freitas, L.; Da Rós, P. C. M.; Santos, J. C.; De Castro, H. F. An integrated approach to produce biodiesel and monoglycerides by enzymatic interestifcation of babassu oil (Orbinya sp). Process Biochemistry, v. 44, p. 1068-1074, 2009.

Hara, P.; Mikkola, J. P.; Murzin, D. Y.; Kanerva, L. T. Supported ionic liquids in Burkholderia cepacia lipase-catalyzed asymmetric acylation. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 67, p. 129-134, 2010.

Jian-Xun, W. A. N. G., Huang, Q. D., Huang, F. H., & Huang, Q. J. Lipase-catalyzed production of biodiesel from high acid value waste oil using ultrasonic assistant. Chinese Journal of Biotechnology, v. *23*, p. 1121-1128, 2007.

Kato, K.; Nakagaki, S.; Nishida, M.; Hirao, K. Enzyme encapsulation in silica particles prepared using enzyme-assisted sol–gel reactions in ionic liquids. Journal of the Ceramic Society of Japan, v. 119, p. 140-143, 2011.

Katsuya, K. A. T. O., Nakagaki, S., Nishida, M., & Hirao, K. Enzyme encapsulation in silica particles prepared using enzyme-assisted sol–gel reactions in ionic liquids. Journal of the Ceramic Society of Japan, v. 119, p. 140-143, 2011.

Kumari, Veena; Shah, Shweta; Gupta, Munishwar N. Preparation of biodiesel by lipase-catalyzed transesterification of high free fatty acid containing oil from Madhuca indica. Energy & Fuels, v. 21, p. 368-372, 2007.

Lu, J., Deng, L., Zhao, R., Zhang, R., Wang, F., & Tan, T. Pretreatment of immobilized Candida sp. 99-125 lipase to improve its methanol tolerance for biodiesel production. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 62, p. 15-18, 2010.

Macario, A.; Moliner, M.; Corma, A.; Giordano, G. Increasing stability and productivity of lipase enzyme by encapsulation in a porous organic– inorganic system. Microporous and Mesoporous Materials, v. 118, p. 334– 340, 2009.

Meunier, Sarah M.; Legge, Raymond L. Evaluation of diatomaceous earth as a support for sol–gel immobilized lipase for transesterification. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 62, p. 53-57, 2010.

Noureddini, Hossein; Gao, X.; Philkana, R. S. Immobilized Pseudomonas cepacia lipase for biodiesel fuel production from soybean oil. Bioresource technology, v. 96, p. 769-777, 2005.

Pinheiro, R. C.; Soares, C. M. F.; De Castro, H. F.; Moraes, F. F.; Zanin, G. M. Response surface methodology as an approach to determine optimal activities of lipase entrapped in sol-gel matrix using different vegetable oils. Applied Biochemistry and Biotechnology, v, 146, p. 203-214, 2008.

Rajendran, A., Palanisamy A., Thangavelu, V., Lipase catalyzed ester synthesis for food processing industries, Braz. Arch. Biol. Technol., 52207-219, 2009.

Soares, C. M. F.; Santana, M. H. A.; Zanin, G. M.; Castro, H. F. De; Efeito do polietilenoglicol e da albumina na imobilização de lipase microbiana e na catálise em meio orgânico. Química Nova, v. 26, p. 832- 838, 2003.

Soares, C. M. F.; Santos, O. A.; Castro, H. F.; Moraes, F. F.; Zanin, G. M. Characterization of sol–gel encapsulated lipase using tetraethoxysilane as precursor. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 39, p.69–76, 2006.

Ursoiu, A.; Paul, C.; Kurtán, T.; Péter, F. Sol-gel entrapped Candida antarctica lipase B- A Biocatalyst with excellent stability for kinetic resolution of secondary alcohols. Molecules, v. 17, p. 13045-13061, 2012.

Zarcula C.; Corîci, L.; Croitoru, R.; Ursoiu, A.; Peter, F.; Preparation and properties of xerogels obtained by ionic liquid incorporation during the immobilization of lipase by the sol–gel method. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v.65, p.79–86, 2010.

7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

MODELAGEM MATEMÁTICA DA DESIDRATAÇÃO DE PESSEGO EM DIFERENTES PROCESSOS

Marlova Elisabete Balke
IFRS - R. Domingos Zanella, 104 - Três Vendas, - CEP 99700-000 – Erechim – RS - Brasil
marlovabalke@gmail.com

Thiago André Weschenfelder
Clarice Steffens
Juliana Steffens
URI – Av. Sete de Setembro, 1621 – Fátima – CEP 99709-510 - Erechim – RS - Brasil
thiago.weschenfelder@gmail.com
clarices@uricer.edu.br
julisteffens@uricer.edu.br

Mónica Beatriz Alvarado Soares
Alexandre Batista de Jesus Soares
UFSM - Av. Roraima, 1000 – Camobi – CEP 97105-900 - Santa Maria – RS – Brasil
malvahu@yahoo.com.br

Resumo. *Os cultivares Chimarrita e Eragil, destacam-se na produtividade frutífera, com elevada qualidade do sabor, tamanho e valor nutricional. No entanto, há a necessidade do desenvolvimento de métodos de conservação, dentre os quais a desidratação, se ajusta por aumentar a vida de prateleira do fruto e agregar valor. A modelagem matemática aplicada na desidratação de frutas é uma ferramenta que auxilia na definição das condições adequadas para a secagem de cada alimento. Nesse sentido, este trabalho objetivou analisar modelos matemáticos representativos dos diferentes processos de desidratação do pêssego dos cultivares Chimarrita e Eragil. Foram utilizados os modelos de Silva, de Lewis e Page para ajustar os dados experimentais da cinética de secagem por desidratação osmótica e liofilização.. Igualmente, se realizou, durante a desidratação, análises da cinética com dados experimentais da secagem, e o melhor resultado, em relação ao tempo e perda de umidade, foi o correspondente ao cultivar Chimarrita, em desidratação osmótica. O modelo de Page obteve o melhor ajuste aos dados experimentais de ambos cultivares e processos de secagem corroborado com o menor erro médio e maior coeficiente de determinação (R^2).*

Palavras-chave: *modelagem matemática; pêssego; desidratação osmótica; liofilização*

1. INTRODUÇÃO

O pêssego (*Prunus pérsica*) é um fruto climatérico, sazonal e altamente perecível. Mundialmente são produzidas aproximadamente 17,5 milhões de ton anuais (Zhu; Shen, 2014). Devido ao seu metabolismo acelerado, geram-se perdas pós-colheitas, alcançando a marca de 30 a 50%, deste modo, é importante avaliar métodos de conservação, como a desidratação, que tem como finalidade reduzir da atividade de água dos alimentos, inibindo, assim, o crescimento microbiano, reduzindo o escurecimento enzimático e aumentando o tempo de vida de prateleira (Boeira *et al.*, 2007; Orikasa *et al.*, 2013).

Os principais processos de desidratação são: desidratação em estufa, desidratação osmótica, seguida por secagem em estufa, e liofilização. A secagem com ar aquecido em estufa é um dos antigos métodos utilizado para preservação dos alimentos, consistindo em expor o alimento a ser seco, em corrente de ar quente, fluindo, continuamente, removendo a umidade (Souza Neto *et al.*, 2005).

Na desidratação osmótica (DO) ocorre a remoção parcial da água dos alimentos, por meio da imersão do produto em solução com alta pressão osmótica e baixa atividade de água (Raoult-Wack, 1994), sendo utilizada como pré-tratamento da secagem em estufa.

No processo de liofilização, a água é removida por sublimação de gelo do produto previamente congelado a baixas temperaturas e com vácuo. Neste processo, o produto praticamente preserva suas características físicas, sensoriais e biológicas, além da estrutura e forma. Essa tecnologia foi desenvolvida para superar as perdas de compostos responsáveis pelos aromas nos alimentos, os quais se tornam suscetíveis, em demasia, às modalidades de processamento

que empregam temperaturas elevadas, como a secagem convencional. Alimentos, liofilizados, são produtos com alto valor agregado por reter grande parte de seus nutrientes originais, uma vez que empregam baixas temperaturas em seu processamento (Vieria *et al.,* 2012).

Estudos e análises de curvas de secagem bem como determinação do teor de água, proporcionam entender e visualizar, melhoradamente o processo de secagem, além de escolher o processo, o tratamento, o equipamento e a temperatura, os quais são elementos adequados para a realização da desidratação de frutas (Oliveira *et al.,* 2002). Segundo Fang *et al.* (2009), o conhecimento do teor inicial e final de água do alimento, da relação da água com a estrutura sólida, e do transporte da água do interior do material até a sua superfície, possibilitam, fundamentar, o processo de secagem, além dos estudos dos processos de transferência de calor e massa.

A modelagem matemática do processo de secagem das frutas permite prever seu comportamento durante a remoção de água. Entre os modelos de secagem, os mais utilizados são: Silva, Lewis e Page (Mohapatra; Rao, 2005). O conhecimento da distribuição de umidade dentro dos frutos de secagem é muito importante para o controle da qualidade do produto e do processo, e então, modelos matemáticos para prever a distribuição da umidade durante a secagem podem contribuir para isso (Ceylan *et al,* 2007; Siqueira *et al.,* 2013; Rosa *et al.,* 2015).

Neste sentido este trabalho teve como objetivo a modelagem matemática de três modelos empíricos, com o intuito de predizer a desidratação dos pêssegos *Chimarrita* e *Eragil*, por processos diferentes: desidratação osmotica seguida de secagem em estufa e liofilização.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de pêssego dos cultivares *Chimarrita* e *Eragil* foram adquiridas no mercado local de Erechim–RS, da safra 2014, selecionadas de acordo com tamanho: circunferência média de 17,6 cm, ausência de danos físicos com aspecto adequado para o processamento.

2.1 Desidratação dos pêssegos

Foram utilizados 5 kg de cada cultivar, sendo que os pêssegos foram lavados em água corrente, secos com papel toalha e armazenados em bandejas plástica a 10 ºC em refrigerador, (Cônsul). Posteriormente os pêssegos foram descascados manualmente com facas inoxidáveis, com a finalidade de evitar o escurecimento enzimático, as amostras foram submetidas ao branqueamento, em que o uso dessa operação prolonga a vida útil dos produtos desidratados. Para tanto, as amostras foram submersas em água clorada por 4 min. a 80 ºC com 1 % de ácido cítrico. Posteriormente imersas em água gelada (0 ºC), por 2 min. Em seguida os pêssegos foram manualmente, desencaroçados e fatiados com espessura média de 2 cm, e comprimento médio de 4,6 cm, com utilização de faca de aço inoxidável. Obtendo-se assim, amostras consideradas como placas planas. Posteriormente, 1 kg de cada cultivar foi submetido a diferentes processos de desidratação: desidratação osmótica seguida de secagem em estufa e liofilização.

Para a desidratação osmótica, seguida de desidratação em estufa, foi utilizado como agente osmótico a sacarose (União). A solução osmótica foi preparada com xarope de sacarose a 65 ºBrix e proporção fruto: xarope 1:2. Os pêssegos foram imersos na solução (xarope) a 30 °C em banho-maria, durante 2 h com agitação manual de acordo com metodologia de Sousa et al (2003). Os frutos foram retirados da solução osmótica e imersos em água destilada à 10ºC, por 5 s, sendo, posteriormente, secos em papel absorvente para retirada do excesso de água. Ao final da desidratação osmótica obteve-se 700g de amostra, onde elas foram dispostas em bandejas, para desidratação em estufa com circulação de ar (marca Marconi, modelo MA 037, Brasil) a 60 °C.

Para o processo de liofilização as amostras foram envolvidas em papel alumínio, submetidas ao congelamento em freezer doméstico (Consul), com temperatura de -18C º durante 24 h. Posteriormente foram dispostas em placas de petri, envolvidas com filme plástico, e colocadas em *ultra-freezer* (CL 600-80) à temperatura de -80 ±2 ºC durante 12 h. Em seguida as amostras congeladas foram colocadas em liofilizador (Liotop L101AISI304) a -40 °C a baixa pressão.

A cinética de secagem dos pêssegos nos processos de desidratação estudados, foi acompanhada através da perda de massa em relação ao tempo, pesando-se as amostras até obter massa constante; utilizando balança analítica (Toledo, modelo 9094-1), com 0,005 g de precisão.

2.2 Modelagem matemática

Muitas vezes, as equações empíricas são vistas como um recurso que apenas serve para descrever a cinética de secagem da camada fina de um produto agrícola. No entanto, vários métodos descrevem a secagem no leito profundo dividindo o domínio em muitas camadas finas. Assim, uma equação empírica, juntamente com vários outros, é usada para descrever o processo em cada camada. Neste caso, são necessárias expressões que envolvem a taxa de secagem em função do tempo e o tempo de secagem em função do teor de umidade, e uma equação empírica pode ser usada com esta finalidade (Aregba *et al.,* 2006; Dantas *et al.* , 2011).

Além disso, para descrever a penetração de calor em um corpo durante a remoção de água com ar quente, é necessária uma expressão envolvendo a taxa de secagem (Karim e Hawlader, 2005; Mariani et al., 2008), e normalmente é utilizado um modelo empírico para determinar esta taxa.

O conteúdo de umidade adimensional U^* em um tempo t é dado pela Eq. (1):

$$U^* = (U - U_{eq}) / (U_i - U_{eq}) \tag{1}$$

onde U é o conteúdo de umidade (kg/kg) em base seca, U_{eq} é a umidade de equilíbrio (kg/kg) e U_i é a umidade inicial (kg/kg).

Vários trabalhos na literatura reportam o uso de modelos empiricos (Turhan et al., 2002; Akpinar e Bicer, 2005; Ghazanfari et al., 2006; Ganesapillai et al., 2008; Diamante et al., 2010; Kaleta e Gornicki, 2010; Kumar et al., 2010; Silva et al., 2012) que melhor se ajustam às cinéticas de secagem. Os modelos empíricos de Lewis, Page e Silva, estudados neste trabalho, são apresentados nas Eq. (2), Eq.(3) e Eq.(4), respectivamente.

$$U^* = \exp(-a.t) \tag{2}$$

$$U^* = \exp(-a.t^b) \tag{3}$$

$$U^* = \exp(-a.t - b\sqrt{t}) \tag{4}$$

onde a e b são os parâmetros dos modelos empíricos a serem estimados e t é o tempo de secagem (min).

Os modelos empíricos foram ajustados aos dados experimentais usando regressão não linear através do *softwere* Scilab 6.0 e os resultados foram avaliados através de indicadores estatísticos como o coeficiente de determinação (R^2) e o erro médio, *root mean square error* (RMSE).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O teor de umidade em base seca, medido em cada instante durante as experiências, foi escrito na forma adimensional de acordo com a Eq. (1), e depois os conjuntos de dados foram analisados.

As Fig. 1-4 mostram as curvas cinéticas de secagem por desidratação osmótica e liofilização e o respectivo ajuste dos dados experimentais obtido pelos modelos empíricos de Silva, Lewis e Page, para os dois cultivares de pêssego (*Chimarrita e Eragil*).

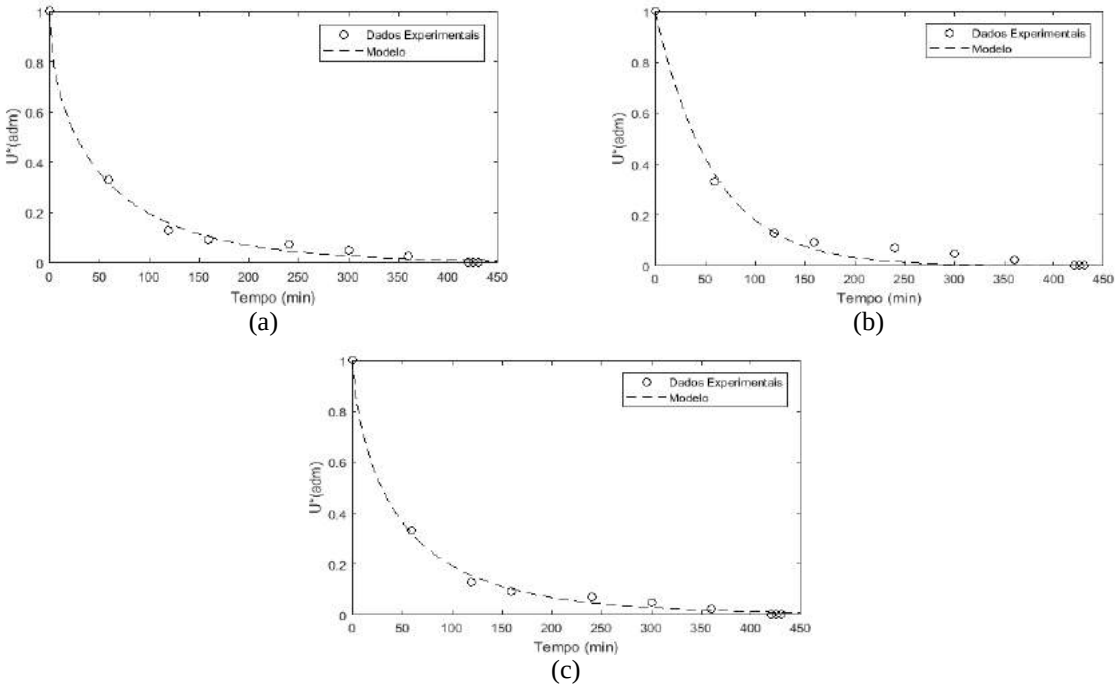


Figura 1 – Curvas cinéticas de secagem por desidratação osmótica do cultivar *Chimarrita* simuladas usando os modelos empíricos de (a) Silva, (b) Lewis e (c) Page

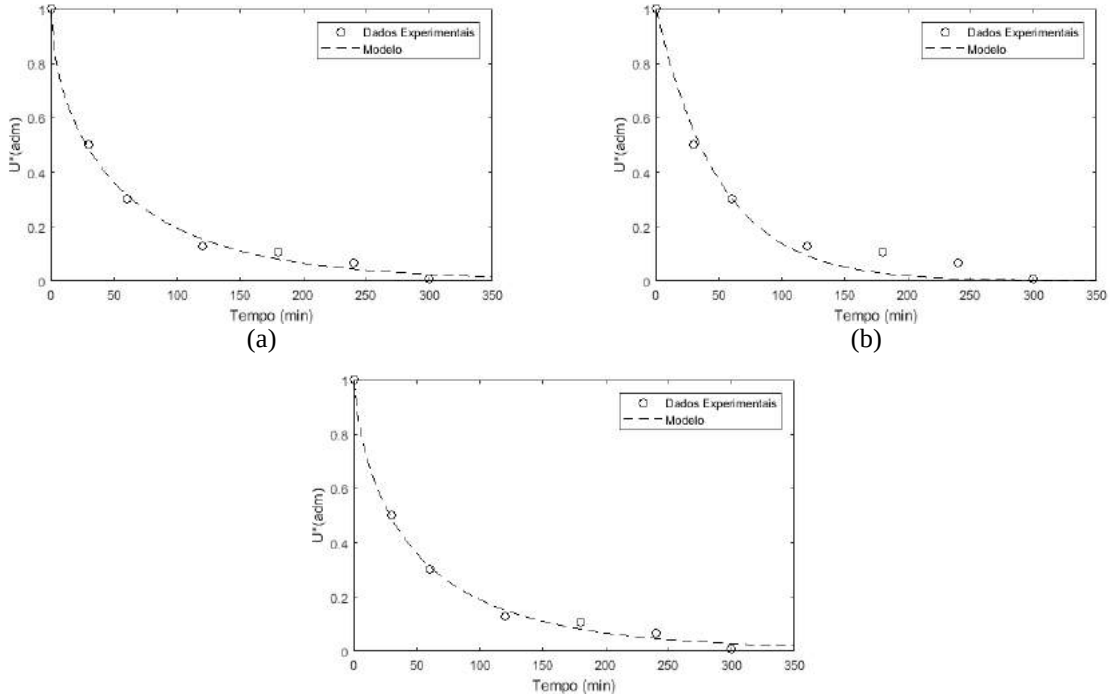


Figura 2 – Curvas cinéticas de secagem por desidratação osmótica do cultivar *Eragil* simuladas usando os modelos empíricos de (a) Silva, (b) Lewis e (c) Page

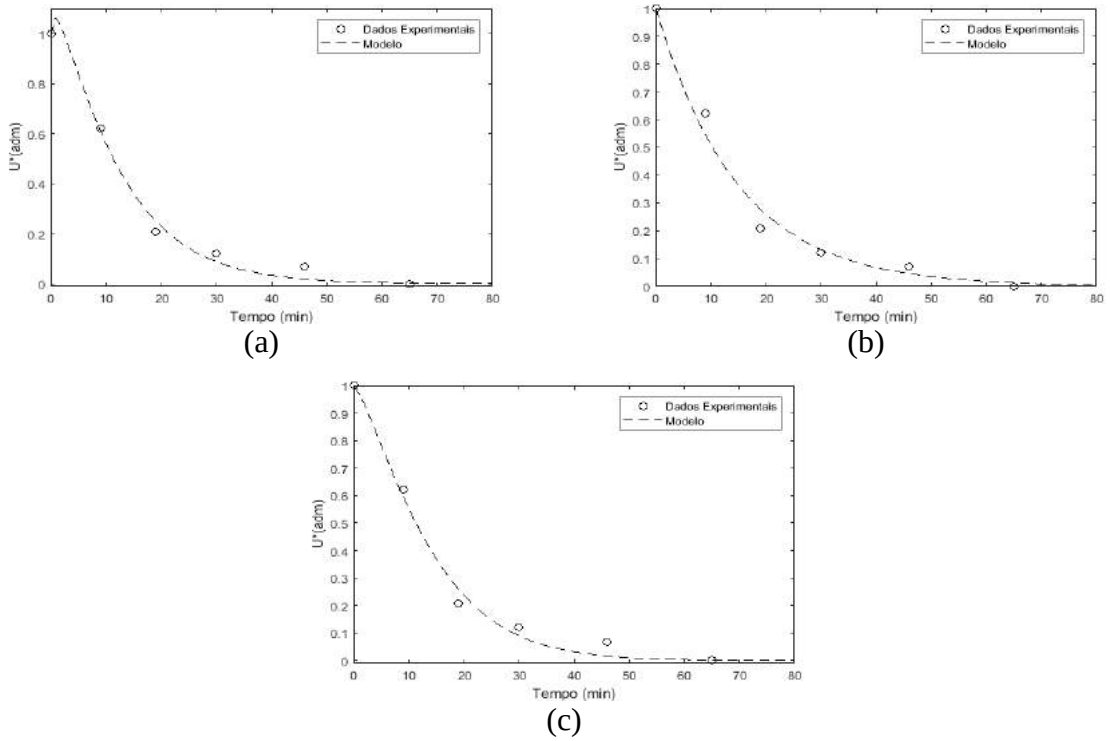


Figura 3 – Curvas cinéticas de secagem por liofilização do cultivar *Chimarrita* simuladas usando os modelos empíricos de (a) Silva, (b) Lewis e (c) Page

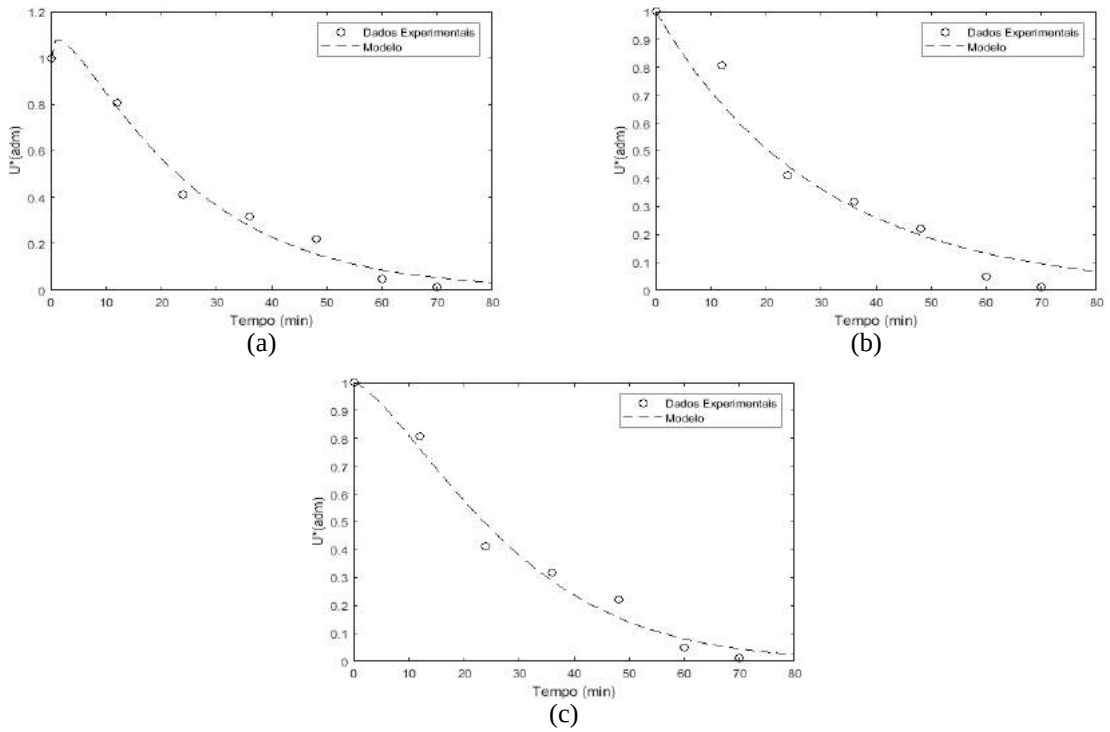


Figura 4 – Curvas cinéticas de secagem por liofilização do cultivar *Eragil* simuladas usando os modelos empíricos de (a) Silva, (b) Lewis e (c) Page

Como é possível observar nas Fig. 1-4, os modelos de Silva e Page foram os que melhor descrevem as cinéticas de secagem por desidratação osmótica seguida de secagem na estufa para ambos os cultivares de pêssego. É possível observar uma compatibilidade entre os dois modelos, independentemente do tempo de secagem, diferente para cada cultivar. Resultado similar foi observado por Da Silva et al., (2014) na secagem de bananas. Além disso, a estrutura matemática do modelo de Lewis acarreta em todo erro do algoritmo de estimação sobre um único parâmetro, o que corrobora o comportamento do perfil ajustado pelo mesmo.

Através das regressões não lineares, os resultados obtidos são apresentados na Tab. 1.

Tabela 1 – Resultados para as cinéticas de secagem descritas pelos modelos empíricos estudados.

Processo	**Modelo**	***a***	***b***	**R^2**	**RMSE**
DO *Chimarrita*	Silva	$6.292x10^{-3}$	$9.993x10^{-2}$	0.997	0.0173
	Page	$6.296x10^{-2}$	0.708	0.998	0.0163
	Lewis	0.017	-	0.992	0.0279
DO *Eragil*	Silva	$7.000x10^{-3}$	$9.390x10^{-2}$	0.996	0.0233
	Page	$6.597x10^{-2}$	0.701	0.997	0.0213
	Lewis	0.019	-	0.981	0.0481
Liofilização *Chimarrita*	Silva	0.112	-0.171	0.993	0.0376
	Page	$3.160x10^{-2}$	1.274	0.991	0.0427
	Lewis	0.067	-	0.985	0.0482
Liofilização *Eragil*	Silva	$5.751x10^{-2}$	-0.131	0.984	0.0522
	Page	$8.701x10^{-3}$	1.386	0.982	0.0556
	Lewis	0.034	-	0.957	0.0722

Uma inspeção nos indicadores estatísticos providos pela Tab. 1 fornece uma conclusão que o pior modelo ajustado foi o modelo de Lewis obtendo os maiores RMSE e o menor coeficiente de determinação dentre os três modelos estudados, para ambos os processos de secagem e cultivares de pêssego. Dentre os demais modelos empíricos, o modelo de Page, para a desidratação osmótica, apresentou os maiores R^2 e menores erro médio e o modelo de Silva, para a liofilização, apresentou os maiores R^2 e menores erro médio, independente do cultivar estudado.

Neste contexto, é possível concluir que os modelos empíricos se ajustaram significativamente aos dados experimentais da secagem de pêssegos por diferentes processos, corroborado pelos indicadores estatísticos avaliados

neste estudo, podendo ser usados não só para descrever não só a remoção de água, mas também descrever a penetração de calor durante a remoção quando o ar quente é usado.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI e o IFRS-Erechim pelo suporte científico.

5. REFERÊNCIAS

Akpinar, E.K., Bicer, Y., 2005. "Modelling of the drying of eggplants in thin-layers." *International Journal of Food Science and Technology* v. 40 (3), p. 273–281.

Aregba, A.W., Sebastian, P., Nadeau, J.P., 2006. "Stationary deep-bed drying: a comparative study between a logarithmic model and a non-equilibrium model." *Journal of Food Engineering* v. 77 (1), p. 27–40.

Boeira, J.B. 2007 "Estudo da desidratação de pêssegos por tratamento osmótico e secagem". *Boletim do CEPPA.* Vol. 25, p. 77-90.

Ceylan,I.; Aktaş,M.; Doğan,H. 2007 "Mathematical modeling of drying characteristics of tropical fruits", *Applied Thermal Engineering*, v 27, p.1931-1936.

Dantas, L.A., Mata, M.E.R.M.C., Duarte, M.E.M., 2011. "Dynamic software for simulation drying of seeds and grains corn (in Portuguese)." *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* v. 13(3), p.309–318.

Diamante, L.M., Ihns, R., Savage, G.P., Vanhanen, L., 2010. "A new mathematical model for thin layer drying of fruits." International *Journal of Food Science and Technology* 45 (9), 1956–1962.

Fang, S. Z., Wang, Z., Hu, X., 2009. "Hot air drying of whole fruit Chinese jujube (Zizyphus jujuba Miller): thin-layer mathematical modelling." *International Journal of Food Science and Technology*, v. 44, n. 9, p. 1818-1824.

Ghazanfari, A., Emami, S., Tabil, L.G., Panigrahi, S., 2006. "Thin-layer drying of flax fiber: II modeling drying process using semitheoretical and empirical models." *Drying Technology* v. 24 (12), p. 1637–1642.

Karim, M.A., Hawlader, M.N.A., 2005. "Drying characteristics of banana: theoretical modelling and experimental validation." *Journal of Food Engineering* v. 70 (1), p. 35–45.

Mariani, V.C., Lima, A.G.B., Coelho, L.S., 2008. "Apparent thermal diffusivity estimation of the banana during drying using inverse method". *Journal of Food Engineering* v. 85 (4), p. 569–579.

Mohapatra, D.; Rao, P. S. 2005 "A thin layer drying model of parboiled wheat". *Journal of Food Engineering*, v. 66, n. 4, p. 513-518.

Oliveira, L. F. et al. 2002 "Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (Passiflora edulis F. flavicarpa) para produção de doce em calda." *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 22, n. 3, p. 254-258.

Orikasa, T., Koide, S., Okamoto, S. et al. 2014. "Impacts of hot air and vacuum drying on the quality attributes of kiwifruit slices". *Journal of Food Engineering*, 125, 51–58.

Raoult-Wack, A.L. 1994"Recent advances in the osmotic dehydration of foods." *Trends in Food Science and Technology*, v. 5, n. 8, p. 255-260.

Rosa, D.P.; Cantú-Lozano,D.; Luna-Solano, G.; Polachini, T.C.; Telis-Romero, J. 2015 "Mathematical Modeling of Orange Seed Drying Kinetics". *Ciênc. Agrotec., Lavras*, v.39, n.3, p.291-300.

Siqueira, V.C.; Resende, O.; Chaves, T.H. 2013 "Mathematical modelling of the drying of jatropha fruit: an empirical comparison", *Rev. Ciênc. Agron*. vol.44 p. 112-118.

Silva, W.P., Silva, C.M.D.P.S., Gama, F.J.A., Gomes, J.P., 2012. "An empiric equation for the latent heat of vaporization of moisture in bananas during its isothermal drying." *Agricultural Sciences* 3 (2), 214–220.

Silva, W.P., Silva, C.M.D.P.S., Gama, F.J.A., Gomes, J.P., 2014 "Mathematical models to describe thin-layer drying and to determine drying rate of whole bananas. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Science.* v.13 p. 67-74

Souza, Neto, M.A. et al. 2005. "Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo." *Ciência agrotecnologia, Lavras*, v. 29, n. 5, p. 1021-1028.

Turhan, M., Sayar, S., Gunasekaran, S., 2002. Application of Peleg model to study water absorption in chickpea during soaking. *Journal of Food Engineering* v. 53 (2), p. 153–159.

Vieira, A. P., Nicoleti, J.F., Teles, V.R.N. "Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de desidratação e da qualidade do produto." *Braz. J. Food Technol., Campinas*, v. 15, n. 1, p. 50-58.

Zhu, A., Shen, X., 2014. "The model and mass transfer characteristics of convection drying of peach slices" Journal Elsevier. 15 May 2014 <http://www.elsevier.com>

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PERVAPORAÇÃO DE SOLUÇÕES DILUÍDAS DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DO AROMA DO CAFÉ: BENZALDEÍDO E ÁCIDO ACÉTICO

Emanuele Elisa Hernandes
Agnes de Paula Scheer
Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Jardim das Américas, Curitiba, Paraná, 81531-990
agnesps@gmail.com

Thiago André Weschenfelder
URI – Av. Sete de Setembro, 1621 – Fátima – CEP 99709-510 - Erechim – RS – Brasil
thiago.weschenfelder@gmail.com

Abstract. *Ensaios de pervaporação foram conduzidos com soluções aquosas diluídas de compostos voláteis presentes no aroma do café (benzaldeído e ácido acético), utilizando uma membrana de PDMS. Soluções binárias de benzaldeído (BZ-água) e de ácido acético (AA-água) e uma solução ternária (BZ-AA-água) foram utilizadas como alimentação para avaliação do efeito da temperatura, pressão e composição da alimentação sobre os parâmetros fluxo e fator de enriquecimento. A dependência dos fluxos com a temperatura seguiu uma relação do tipo Arrhenius para todos os ensaios. Somente o fator de enriquecimento do BZ nas soluções binárias aumentou com a temperatura. O aumento da concentração de alimentação causou um aumento linear nos fluxos individuais, mas não influenciou na seletividade da membrana nas soluções binárias. Os fluxos individuais e o fator de enriquecimento tanto do BZ quanto do AA foram influenciados de maneira negativa pela presença de outra molécula orgânica.*

Palavras-chave: *pervaporação, café, compostos do aroma, benzaldeído, ácido acético.*

1. INTRODUÇÃO

A bebida café é obtida pela infusão de sementes torradas e moídas do cafeeiro. O Brasil é o principal produtor de café e o segundo maior consumidor desta bebida que tem no aroma um atributo importante para definir a aceitabilidade dos consumidores. Muitos grupos funcionais já foram identificados no aroma deste produto, sendo que mais de 1000 compostos voláteis foram reportados como seus constituintes (Moon e Shibamoto, 2009; Raisi e Aroujalian, 2011).

Durante o processamento do café ocorrem perdas de compostos voláteis relevantes para a composição do aroma, levando à obtenção de um produto de qualidade inferior. A recuperação e reincorporação destes compostos é uma alternativa que pode ser utilizada para elevar a percepção aromática e o valor agregado do produto.

A recuperação dos compostos do aroma é normalmente realizada com processos térmicos, o que pode levar a alterações indesejáveis na composição do aroma e envolve altos custos energéticos. Alguns processos têm sido investigados e aplicados para a recuperação dos compostos do aroma, mais especificamente para o café, como a pervaporação (Weschenfelder, *et al*., 2015). A pervaporação é um processo de separação que tem se mostrado atrativo devido a algumas vantagens, principalmente a alta seletividade e possibilidade de operação em temperaturas moderadas.

No estudo da pervaporação dos aromas do café é necessário atuar na avaliação sistemática dos componentes voláteis que afetam a bebida, com vistas ao rendimento e seletividade dos aromas envolvidos, uma vez que nem todos os compostos voláteis presentes no café conferem aroma agradável ao consumidor (Cheong, *et. al*., 2013). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar o processo de pervaporação de soluções aquosas diluídas de dois compostos presentes no aroma do café. Os compostos escolhidos para este estudo foram o benzaldeído e o ácido acético, que apresentam impacto positivo e negativo, respectivamente, na qualidade sensorial do café.

2. TEORIA

A pervaporação é um dos processos de separação por membranas onde ocorre mudança de fase líquida para gasosa durante a permeação de um componente através da membrana. O modelo de sorção-difusão é o principal mecanismo de transporte de massa na pervaporação (Feng e Huang, 1997). O desempenho do processo é avaliado em termos de fluxo permeado e seletividade. O fluxo expressa de forma quantitativa o rendimento da operação, é calculado conforme:

$$J = m_p / A_m t \quad (1)$$

onde J (kg/m^2 h) é o fluxo, m_p (kg) é a massa permeada através da membrana, A_m (m^2) é a área de permeação e t (h) o tempo de operação. A seletividade da membrana pode ser expressa pelo fator de separação ($\alpha_{i/j}$) ou fator de enriquecimento (β_i). O fator de enriquecimento, que é mais convenientemente utilizado quando se trata de soluções de alimentação muito diluídas, representa a capacidade da membrana de concentrar o componente i através da razão (Feng e Huang, 1997; Peng, *et. al*. 2003):

$$\beta_i = C_i^P / C_i^F \tag{2}$$

A força motriz da transferência de massa é gerada pelo gradiente de potencial químico entre as fases alimentação e permeado, representado em termos de diferença de concentração ou de pressão parcial. Considerando uma difusão ideal do soluto através da membrana, o fluxo do componente i (J_i) pode ser descrito pela primeira lei de Fick (Isci, *et al.*, 2006):

$$J_i = D_i (C_{i_0} - C_{i_l}) / l \tag{3}$$

em que D_i (m^2/s) é o coeficiente de difusão do componente i na membrana, l (m) é a espessura da membrana, C_{i0} e C_{il} (kg/m^3) são as concentrações do componente i na interface alimentação/membrana e na interface membrana/permeado, respectivamente. Os termos de concentração podem ser escrito em função de termos contendo pressões parciais, de modo que a concentração do componente i é igual ao produto entre o seu coeficiente de sorção, S_i (kg/m^{2}Pa) e sua pressão parcial, p_i (Pa). Desta forma, a Eq. (3) pode ser reescrita como:

$$J_i = \frac{D_i S_i (p_{i_0} - p_{i_l})}{l} = \frac{P_i (p_{i_0} - p_{i_l})}{l} \tag{4}$$

O produto D_iS_i é definido como permeabilidade, P_i, (m^2/s) do componente i na membrana. Assumindo um equilíbrio na sorção do soluto entre o seio da alimentação e a superfície da membrana, S_i pode ser escrito como a razão entre a concentração do componente i na interface alimentação/membrana (C_{i0}) e a concentração do componente i no seio da alimentação ($C_{i\ bulk}$) (Isci, *et. al*., 2006). Como o vácuo aplicado no lado do permeado é alto, pode-se assumir que todas as partículas do soluto que difundem através da membrana são removidas instantaneamente no lado do permeado; então C_{il} pode ser assumido como zero. Assim, a Eq. (3) pode ser reescrita como:

$$J_i = \frac{D_i S_i (C_{i_{bulk}})}{l} = \frac{P_i (C_{i_{bulk}})}{l} \tag{5}$$

Considera-se que o fluxo permeado aumenta exponencialmente, seguindo uma variação do tipo Arrhenius, como mostrado na Eq. (9), onde J_0 (mol/m^{2}s) é uma constante pré-exponencial, E_a (kJ/mol) é a energia de ativação aparente de permeação, R é a constante universal dos gases e T é a temperatura absoluta.

$$J_i = J_0 \exp(-E_a / RT) \tag{6}$$

A energia de ativação aparente é um parâmetro que descreve a dependência global do fluxo de permeação pela temperatura (Olsson e Tragardh, 1999). Neste trabalho, a equação não linearizada será utilizada para estimar o valor deste parâmetro, pois de acordo com Weschenfelder, *et al.* (2015), é difícil estimar os valores corretos da E_a através da linearização da equação de Arrhenius.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os compostos do aroma do café escolhidos para a realização deste estudo foram o benzaldeído e o ácido acético, ambos fornecidos pela empresa Sigma-Aldrich, com grau de pureza ≥ 99%. Primeiramente, ensaios de pervaporação foram conduzidos com água pura como alimentação para verificar o desempenho da membrana. Então, soluções binárias de benzaldeído-água (BZ-água) e de ácido acético-água (AA-água) e soluções ternárias BZ-AA-água a diferentes concentrações foram utilizadas no estudo dos parâmetros de operação sobre o processo de pervaporação. A membrana utilizada em todos os ensaios de pervaporação foi do tipo hidrofóbica polimérica, com camada funcional de poli(dimetil siloxano) (PDMS), com uma espessura de 3 μm e área efetiva de permeação de 50 cm^2.

A Fig. 1 mostra o diagrama esquemático da unidade de pervaporação utilizada neste estudo. Para realizar os ensaios, um volume de 3,5 L de solução era preparado no momento de sua utilização, e colocado no tanque de alimentação encamisado de 4 L de capacidade acoplado a um banho ultratermostático com precisão de ± 0,2 °C.

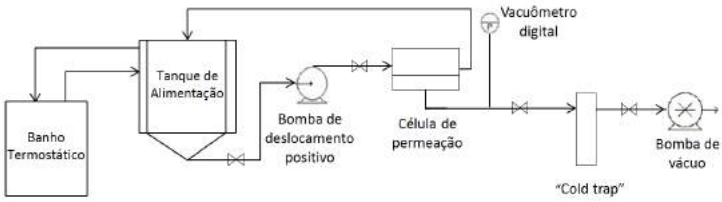


Figura 1. Diagrama esquemático da unidade de pervaporação.

A solução de alimentação era conduzida até o módulo de pervaporação por uma bomba de duplo diafragma com controle de vazão. Após a estabilização da temperatura, a bomba de vácuo era acionada, e o vácuo controlado com um vacuômetro digital acoplado na saída do módulo de pervaporação. O permeado era condensado em um *cold trap* imerso em nitrogênio líquido (-196 °C).

Antes do início de cada ensaio, a solução de alimentação recirculava pelo sistema durante 2 h para estabilizar o fluxo através da membrana e atingir o estado estacionário. A corrente do retentado era redirecionada para o tanque de alimentação, permitindo uma alimentação contínua. Devido ao grande volume da solução utilizado no tanque de alimentação comparado com a pequena quantidade de permeado recuperada, a concentração da alimentação foi assumida como constante. As amostras foram coletadas em triplicata em um intervalo de tempo de 1 hora.

Neste estudo, o efeito da temperatura, pressão e concentração de alimentação sobre o fluxo e seletividade foi determinado. Primeiramente, três temperaturas (20, 30 e 40 °C) foram estudadas a três pressões (270, 530 e 800 Pa) com soluções de BZ-água e AA-água a 40 ppm cada. Então, a concentração das soluções binárias foi variada na faixa de 20 a 60 ppm nas condições de temperatura e pressão que ofereciam uma melhor recuperação para o BZ e retenção do AA. Por fim, soluções ternárias de BZ-AA-água a diferentes concentrações foram pervaporadas com o intuito de estudar o fenômeno de acoplamento de fluxo. Todos os ensaios foram conduzidos a uma vazão fixa de 3,0 L/min.

A concentração de benzaldeído no permeado foi determinada pela medição da absorbância da amostra (λmáx =249 nm) usando um espectrofotômetro Varian Cary 50. A curva de calibração da absorbância como função da concentração de benzaldeído foi linear na faixa de 2 a 7 ppm. O ácido acético foi quantificado por cromatografia líquida de alta eficiência, baseando-se na metodologia empregada por Zuim, *et al*. (2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaios de pervaporação utilizando água como alimentação foram inicialmente realizados a fim de verificar o comportamento da membrana de PDMS, nas condições de temperatura e pressão que para os compostos orgânicos. Os resultados obtidos demonstraram que a dependência do fluxo com a temperatura obedeceu ao modelo de Arrhenius, de acordo com a Eq. (6). A energia de ativação aparente da água (E_a), estimada através de regressão não linear, apresentou valores entre 39,75 e 40,85 kJ/mol. Este resultado foi semelhante aos apontados na pervaporação de água em membrana de PDMS (Martínez, *et al*., 2013; Weschenfelder, *et al*. 2015).

4.1 Pervaporação de misturas binárias

A temperatura é um parâmetro importante no estudo de pervaporação, pois afeta todos os passos do modelo de sorção-difusão utilizado para explicar o transporte de massa através da membrana (Peng, *et al*., 2003). O efeito da temperatura sobre os fluxos individuais de benzaldeído e ácido acético a diferentes pressões pode ser visualizado nas Fig. 2(a) e (b), respectivamente.

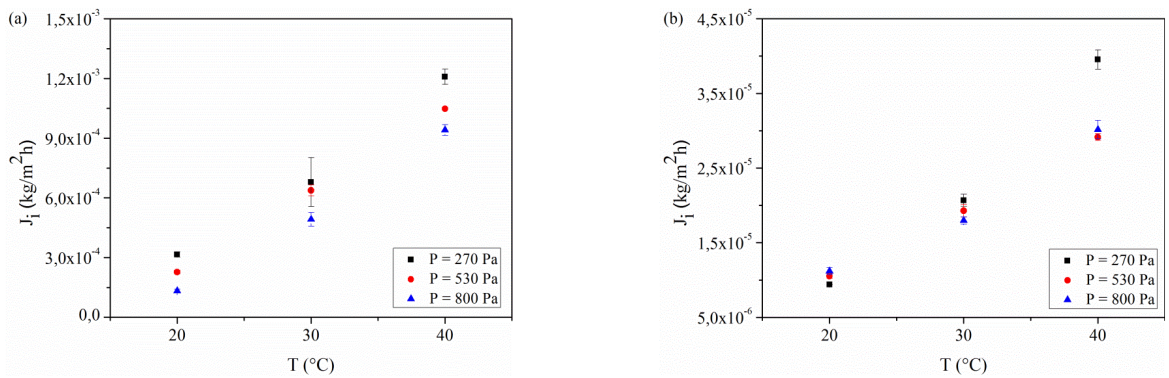


Figura 2. Efeito da temperatura de alimentação sobre os fluxos individuais de benzaldeído (a) e ácido acético (b) a diferentes pressões

Verifica-se que ocorreu um aumento do fluxo individual das soluções de BZ e AA com o aumento da temperatura de alimentação. Este comportamento é esperado já que o aumento da temperatura aumenta a força motriz para a permeação devido ao aumento da pressão de vapor do componente no lado da alimentação, de acordo com a Eq. (4). Além disso, a mobilidade das cadeias poliméricas é afetada pela temperatura, de modo que em temperaturas mais elevadas o volume molar livre da membrana torna-se maior. Com isto, a difusão das moléculas por esses espaços livres aumenta, levando ao aumento do fluxo de permeação (Sampranpiboon, *et al*., 2000; García, *et al*., 2008).

Os valores estimados para as energias de ativação aparentes dos compostos estudados e seus respectivos coeficientes de correlação estão resumidos na Tab. 1. Os dados referentes ao fluxo de água também são apresentados.

Tabela 1. Energias de ativação aparentes e de permeação (kJ/mol) e coeficientes de correlação (R^2) estimados para os fluxos de água, benzaldeído e ácido acético.

Pressão do	Água		BZ		AA	
permeado (Pa)	E_a	R^2	E_a	R^2	E_a	R^2
270	40,16	0,995	51,33	0,992	54,87	0,997
530	39,74	0,993	58,46	0,935	38,93	0,984
800	40,85	0,994	74,82	0,940	37,76	0,996

As energias de ativação aparentes da água e dos compostos do aroma variaram com a pressão. Comportamento semelhante foi obtido por Aroujalian e Raisi (2007). Neste estudo, os valores de E_a dos compostos orgânicos foram maiores que os da água, exceto para o AA nos ensaios realizados a 530 e 800 Pa. Esses resultados mostram que a interação que ocorre entre os compostos na solução de alimentação interferem no valor da energia de ativação aparente, se comparar com resultados obtidos em pervaporação de soluções diluídas multicomponentes disponíveis na literatura. (Weschenfelder, *et al*., 2015; Martínez, *et al*., 2013).

O efeito da temperatura de alimentação sobre o fator de enriquecimento do BZ e do AA nas soluções binárias pode ser visto na Fig. 3. De um modo geral, o fator de enriquecimento do BZ aumentou com a temperatura da alimentação, uma vez que o fluxo individual de BZ é mais sensível a este parâmetro. Por outro lado, ao mesmo tempo em que o fluxo individual aumenta o fluxo de água também aumenta na mesma proporção a temperaturas maiores (de 30 a 40 °C). Desta forma, observou-se que o fator de enriquecimento do BZ apresentou uma tendência a permanecer constante neste intervalo de temperatura, nas pressões de 530 e 800 Pa.

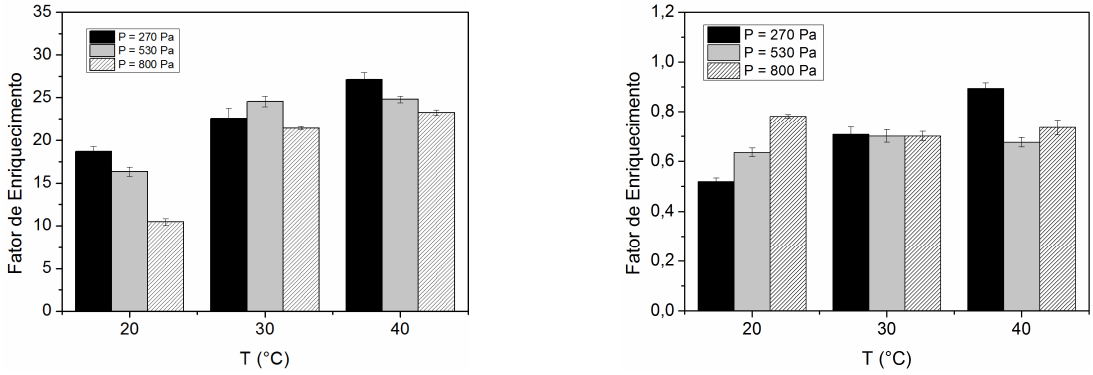


Figura 3. Efeito da temperatura de alimentação no fator de enriquecimento de soluções binárias de benzaldeído (a) e ácido acético (b) a diferentes pressões

A variação do fator de enriquecimento do AA foi similar ao comportamento apresentado pelo BZ nas pressões de 270 e 530 Pa. Já na pressão de 800 Pa, houve uma diminuição no fator de enriquecimento do AA quando a temperatura foi aumentada de 30 a 40 °C, permanecendo constante com o acréscimo de 10 °C na temperatura, explicado pelo menor valor de E_a do AA do que da água. Fatores de enriquecimento menores que 1,0 para o AA em membranas de PDMS também foram encontrados por Overington *et al*. (2008).

O estudo conduzido até aqui foi realizado com o intuito de estabelecer melhores condições para a recuperação do benzaldeído e rejeição do ácido acético no permeado obtido. Portanto, a temperatura de 40 °C e pressão de 270 Pa foram escolhidas para conduzir os ensaios seguintes.

4.2 Efeito da concentração de alimentação

Uma mudança na composição influencia diretamente o fenômeno de sorção na interface alimentação-membrana. O fluxo total das soluções de BZ-água permaneceu relativamente constante com o aumento da concentração de BZ na

alimentação, enquanto que o fluxo total das soluções de AA-água sofreu uma pequena variação. Mesmo assim, essa variação não foi significativa, pois ocorreu no intervalo de 1,08 ± 0,01 a 1,11 ± 0,01 kg/m^2 h. Desta forma, pode-se assumir que, devido à alta diluição na concentração da alimentação, o fluxo total não foi influenciado pelas mudanças na concentração, permanecendo praticamente constante e próximo ao fluxo obtido neste trabalho quando se utilizou água como solução de alimentação na temperatura de 40 °C e pressão de 270 Pa (1,18 ± 0,03 kg/m^2 h).

Com relação ao fluxo de orgânicos, pode-se assumir que houve uma dependência linear aceitável dos fluxos individuais de BZ e AA com a concentração de alimentação, de maneira que o aumento no fluxo de BZ foi muito maior do que o aumento no fluxo de AA. Este comportamento está de acordo com a Eq. (5), que mostra o fluxo individual como uma função linear da concentração de alimentação. Esta relação linear também permite assumir que o inchamento da membrana pode ser negligenciável (Peng, *et al.*, 2003).

Assumindo que não ocorre inchamento da membrana e que o coeficiente de atividade de um composto permanece constante em sistemas diluídos, a permeabilidade dos compostos orgânicos e da água, e consequentemente o fator de separação irão permanecer constantes (Martinéz, *et al.*, 2013), como pode-se observar na Fig. 4. O fator de enriquecimento do BZ e do AA permaneceram praticamente constantes quando se aumentou a concentração destes compostos na alimentação.

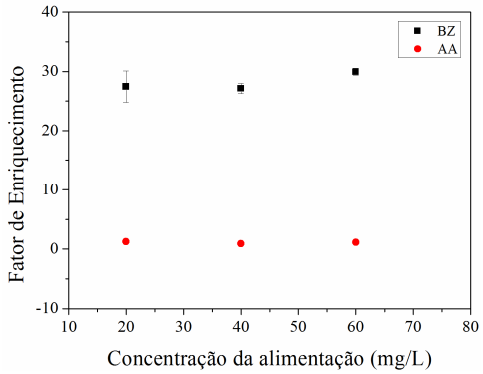


Figura 4. Efeito da concentração de alimentação sobre o fator de enriquecimento do benzaldeído e ácido acético

Dentre os compostos estudados, a membrana de PDMS apresentou maior seletividade ao BZ do que ao AA (Fig. 4), devido a maior afinidade do BZ com o polímero. Mesmo tendo esta alta afinidade com a membrana, o aumento da permeação de moléculas de água não foi suficiente para promover a diminuição do fator de separação do BZ com o aumento da concentração do composto na alimentação, o que também reforça a conclusão que não houve o inchamento da matriz polimérica. Um alto fator de enriquecimento do BZ também foi reportado por Martinéz *et al.* (2013) durante o estudo da pervaporação de um sistema diluído multicomponente. Os autores obtiveram um valor de 51 para este parâmetro, em ensaio conduzido a 26 °C e 300 Pa em uma membrana de PDMS.

4.3 Pervaporação da mistura ternária

As soluções utilizadas como alimentação nesta etapa do estudo continham 20, 40 e 60 mg/L de cada composto orgânico. Os ensaios foram efetuados a 40 °C e 270 Pa.

Os fluxos totais permaneceram praticamente constantes para o intervalo de concentração estudada, obtendo-se um fluxo médio das três soluções de 1,066 ± 0,013 kg/m^2 h.

Os fatores de enriquecimento diminuíram nas soluções ternárias em comparação com as soluções binárias em todos os experimentos, exceto para o AA nas soluções a 40 mg/L, que apresentou um aumento de 4,3% neste parâmetro. A redução mais significativa ocorreu com o fator de enriquecimento do BZ na solução ternária a 60 mg/L, que passou de 29,93 ± 0,59 a 23,27 ± 0,09 (diminuição de 22,2%). Em concentrações de alimentação menores, observou-se que a redução no fator de enriquecimento do BZ e do AA foram praticamente iguais. Já na maior concentração estudada, esta redução foi mais considerável para o BZ do que para o AA.

Os fluxos individuais dos compostos nas soluções binárias e ternárias também devem ser analisados para verificar se o fenômeno de acoplamento de fluxo influencia na permeação das moléculas. Se não existissem interações significativas entre os dois compostos de aroma, seus fluxos de permeação deveriam ser os mesmos para os casos de pervaporação de misturas binárias envolvendo um único composto sob as mesmas condições de operação (Isci, *et al.*, 2006). Porém isto não foi observado. Da mesma forma que para o fator de enriquecimento, os fluxos individuais diminuíram quando houve a presença de outra molécula orgânica. O BZ foi o composto que se apresentou ser mais sensível a mudanças na composição da solução de alimentação que o AA, em todas as concentrações estudadas. A maior redução ocorreu nas soluções a 60 mg/L, onde o fluxo individual foi diminuído em 25%.

Outros estudos de pervaporação de misturas multicomponentes de compostos orgânicos também reportaram interações positivas e negativas entre os compostos do aroma. Isci *et al*. (2006) observaram que o fluxo de butirato de metila diminuiu à metade pela presença de butirato de etila (ETB) na solução de alimentação, enquanto o fluxo de ETB permaneceu constante. Por outro lado, um efeito positivo foi observado na permeação de 1-octen-3-ol por Martinéz *et al.* (2011), que apresentou uma maior permeabilidade em uma mistura multicomponente comparada ao sistema binário.

A partir dos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que a pervaporação é uma técnica promissora para a recuperação e separação de compostos voláteis café.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo auxilio financeiro e a UFPR e UTFPR pela infraestrutura.

6. REFERÊNCIAS

Aroujalian, A. e Raisi, A., 2007. "Recovery of volatile aroma components from orange juice by pervaporation". *Journal of Membrane Science*, Vol. 303, p. 154–161.

Cheong, M.W., Tong, K.H., Ong, J.J.M., Liu, S.Q., Curran, P. e Yu, B., 2013. "Volatile composition and antioxidant capacity of Arabica coffee". *Food Research International*, Vol. 51, p. 388 – 396.

Feng, X. e Huang, R.Y.M., 1996. "Estimation of activation energy for permeation in pervaporation processes". *Journal of Membrane Science,* Vol. 118, p. 127–131.

Feng, X. e Huang, R.Y.M., 1997. "Liquid separation by membrane pervaporation: a review". *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 36 (4), p. 1048–1066.

García, V., Diban, N., Gorri, D., Keiski, R., Urtiaga, A. e Ortiz, I., 2008. "Separation and concentration of bilberry impact aroma compound from dilute model solution by pervaporation". *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. 83, p. 973–982.

Isci, A., Sahin, S. e Sumnu, G., 2006. "Recovery of strawberry aroma compounds by pervaporation". *Journal of Food Engineering*, Vol. 75, p. 36–42.

Martínez, R., Sanz, M.T. e Beltrán, S., 2011. "Concentration by pervaporation of representative brown crab volatile compounds from dilute model solutions". J. Food Eng. 105, 98–104.

Martínez, R., Sanz, M.T., Beltrán, S., 2013. Concentration by pervaporation of brown crab volatile compounds from dilute model solutions: evaluation of PDMS membrane. J *Journal of Food Engineering*, Vol. 428, p. 371–379.

Moon, J.K. e Shibamoto, T., 2009. "Role of roasting conditions in the profile of volatile flavor chemicals formed from coffee beans". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 57(13), p. 5823 – 5831.

Olsson, J. e Tragardh, G., 1999. "Influence of temperature on membrane permeability during pervaporative aroma recovery". *Separation Science and Technology*, Vol. 34 (8), p. 1643–1659.

Overington, A., Wong, M., Harrison, J. e Ferreira, L., 2008. "Concentration of dairy flavor compounds using pervaporation". *International Dairy Journal*, Vol. 18, p. 835–848.

Pan, B., Yan, P., Zhu, L. e Li, X., 2013. "Concentration of coffee extract using nanofiltration membranes". Desalination, Vol. 317, p. 127–131.

Peng, M., Vane, L.M. e Liu, S.X., 2003. "Recent advances in VOCs removal from water by pervaporation". *Journal of Hazardous Materials*, Vol. B98, p. 69-90.

Raisi, A. e Aroujalian, A., 2011. "Aroma compound recovery by hydrophobic pervaporation: The effect of membrane thickness and coupling phenomena". *Separation and Purification Technology*, Vol. 82, p. 53–62.

Sampranpiboon, P., Jiraratananon, R., Uttapap, D., Feng, X. e Huang, R.Y.M., 2000. "Separation of aroma compounds from aqueous solutions by pervaporation using polyoctylmethylsiloxane (POMS) and polydimethylsiloxane (PDMS) membranes". *Journal of Membrane Science*, Vol. 174, p. 55–65.

Weschenfelder, T.A., Lantin, P., Viegas, M.C., Castilhos, F. e Scheer, A.P., 2015. "Concentration of aroma compounds from an industrial solution of soluble coffee by pervaporation process". *Journal of Food Engineering*, Vol. 159, p. 57–65.

Zuim, D.R., Carpiné, D., Distler, G.A.R., Scheer, A.P., Mafra, L.I. e Mafra, M.R., 2011. "Adsorption of two coffee aromas from synthetic aqueous solution onto granular activate carbon derived from coconut husks". *Journal of Food Engineering*, Vol. 104, p. 284–292.

7. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CINÉTICA DE BIOPRODUÇÃO DE PECTINASES POR *Aspergillus niger* ATCC 9642 EM CULTIVO EM ESTADO SÓLIDO

Valeria Borszcz
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Rua Domingos Zanella, 104, Erechim/RS, Brasil
e-mail: valeria.b@erechim.ifrs.edu.br

Taísa Renata Piotroski Boscato
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida 7 de Setembro, 1621, Erechim/RS, Brasil
e-mail: taisa.boscatto@gmail.com

Maurício Moura da Silveira
Universidade de Caxias do Sul, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul/RS, Brasil
e-mail: mmsilvei@ucs.br

Denise Oliveira Guimarães
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ Campus Macaé, Rua Alcides da Conceição, 159, Novo Cavaleiros, Macaé/RJ, Brasil
*e-mail:*deolguimaraes@gmail.com

Geciane Toniazzo Backes
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida 7 de Setembro, 1621, Erechim/RS, Brasil
e-mail: gtoniazzo@uricer.edu.br

Eunice Valduga
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida 7 de Setembro, 1621, Erechim/RS, Brasil
e-mail: veunice@uri.com.br

Resumo: *O estudo da cinética enzimática permite elucidar o mecanismo catalítico visando a otimização e o estabelecimento de critérios para o controle de processos. O propósito deste trabalho teve por objetivo avaliar a cinética de produção das enzimas pectictinolíticas exo-poligalacturonase (exo-PG), pectina metilesterase (PME) e pectina liase (PMGL), do crescimento cellular, comportamento do pH e do consumo de açúcares redutores totais, em função do tempo. A bioprodução em cultivo em estado sólido (CES) foi realizada utilizando o fungo filamentoso Aspergillus niger ATCC 9642 inoculado em condições pré-estabelecidas de resíduos agroindustriais (casca de laranja, farelo de trigo e água de maceração de milho). A máxima atividade enzimática da exo-PG (23,2 U/g_{bu}), PMGL (100 U/g_{bu}) e PME (20,7 U/g_{bu}) foi alcançada em 132 h, 120 h e 48 h de cultivo, respectivamente.*

Palavras-chave: *Enzima, micro-organismos, bioprodução.*

1. INTRODUÇÃO

O estudo cinético de um dado processo de cultivo tem por finalidade avaliar as alterações que ocorrem durante um certo intervalo de tempo, objetivando o dimencionamento dos sistemas de reações. O conhecimento prévio das propriedades cinéticas de enzimas visa compreender as transformações que ocorrem no interior das células, que participam dos processos fermentativos, uma vez que as enzimas apresentam elevada especificidade. Com o crescimento microbiano, ocorre o consumo de substrato e o acúmulo de produtos no meio de cultivo, de interesse industrial, como por exemplo, as enzimas pectinolíticas.

Enzimas pectinolíticas ou pectinases são enzimas que tem por finalidade catalizar compostos que contém substâncias pécticas, como a protopectina, pectina, ácido pectico e o ácido pectínico. Para a degradação da biomassa rica em polissacarídeos, muitas vezes é necessária a ação conjunta de diversas enzimas, entre elas as celulases, hemicelulases e as pectinases, ou ação altamente sinérgica de várias enzimas produzidas pelos micro-organismos.

Fungos filamentosos, do gênero *Aspergillus,* são micro-organismos reportados na literatura utilizados para produção de enzimas pectinolíticas (Poletto *et al.,* 2017; Reginatto *et al.,* 2017).

Enzimas podem ser produzidas em processo de cultivo em estado sólido ou submerso, também chamado de fermentação sólida ou líquida, respectivamente. Portanto o propósito deste trabalho foi determinar a cinética do crescimento microbiano relatado pela síntese de enzimas pectinolíticas exo-poligalacturase, pectina metilesterase e pectina liase, bem como, pelo consumo de açúcares redutores totais e a avaliação do pH e biomassa do meio, em função do tempo. Para a bioprodução utilizou-se o fungo filamentoso *A. niger* ATCC 9642 inoculado em um meio composto por casca de laranja (CL), farelo de trigo (FT) e água de maceração de milho (AMM), com 65 % de umidade, a 30ºC, durante o período de 132 h.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo cinético foi realizado tendo como objetivo avaliar a produção da enzima através da quantificação da atividade enzimática da exo-PG, PME e PMGL, consumo de açúcares redutores totais (ART), concentração celular (biomassa) e o pH do meio de cultivo, em função do tempo. As amostras foram coletadas periodicamente a cada 12 h, durante 132 h de bioprodução.

3. Bioprodução

Para a bioprodução empregou-se uma suspensão de 5 x 10^6 esporos/g_{bu} do fungo filamentoso *A. niger* ATCC 9642, que foi inoculado em meio de cultivo contendo 9 g de casca de laranja, 3 g de farelo de trigo e 7 g de água de maceração de milho, previamente esterilizado em autoclave vertical (Phoenix, modelo AV75) por 15 min a 1 atm. O meio foi incubado em câmara de germinação (Tecnal, modelo TE401) na temperatura de 30ºC.

2.2 Extração Enzimática

Para obtenção do extrato enzimático foi utilizado como solvente a solução de NaCl 0,1 mol/L, na proporção de solvente:substrato cultivado de 10:1 (v/m). As amostras foram submetidas às condições de 180 rpm, 30 min e 30ºC.

2.3 Metodologia Analítica

A atividade da exo-PG foi mensurada pela quantificação dos grupos redutores, expressos em ácido galacturônicos liberados utilizando o reagente de ácido 3,5-dinitrosalicílico, DNS (Miller, 1959). A atividade de PME foi determinada segundo método descrito por Hultin *et al.* (1966), onde uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 µmol de NaOH min/mL, nas condições do ensaio. A atividade de PMGL foi determinada segundo método de Pitt (1988), onde uma unidade da atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima capaz de causar a mudança de 0,01 na absorbância a $\lambda_{550.}$ As atividades das pectinases foram expressas em uma unidade de atividade por grama de base úmida cultivada (U/g_{bu}).

Para determinação do teor de açúcares redutores totais utilizou-se o método descrito por Fontana *et al.* (2005) e Poletto (2015). Os resultados foram expressos em miligramas de açúcares redutores por grama de meio úmido fermentado (mg/g_{bu}). Para determinação da concentração celular (biomassa) em CES (mg de biomassa/g de meio fermentado úmido) foi utilizado o método indireto descrito por Aidoo *et al.* (1981) e Scotti *et al.* (2001). A avaliação do pH do meio de cultivo foi mensurada em potenciômetro digital, previamente calibrado com as soluções padrões (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

2.4 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente mediante análise de variância (ANOVA), seguida de Teste de Tukey, utilizando o Software *Statistica* versão 5.0, ao nível de significância de 95 %.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1a e Figura 1b representam a cinética de produção da enzima exo-poligalacturonase, pectina liase e petina metilesterase, ao longo de 132 h de cultivo. A máxima produção de exo-PG, PME e PMGL foi de 23 U/g_{bu} (68 U/g_{bs}), 21 U/g_{bu} (59 U/g_{bs}) e 100 U/g_{bu} (286 U/g_{bs}) em 132 h, 48 h e 120 h, respectivamente. Constata-se que, do extrato enzimático obtido na condição de cultivo e extração, a maior proporção encontrada foi da enzima exo-PG e PMGL. Estas enzimas são despolimerase que apresentam a característica de quebrar a cadeia principal do ácido péctico e da pectina formando monogalacturonatos e metil oligogalacturonatos insaturados, respectivamente. Mata-Gómez e seus colaboradores (2014) avaliaram a atividade de diferentes pectinases utilizando dois fungos filamentosos do gênero *Aspergillus*, inoculados em meio contendo açúcar de beterraba como fonte de carbono e, alta produtividade da exo-PG (>700 U/g) e PMGL (132 U/g) foi obtida após 4 e 8 dias de fermentação, respectivamente.

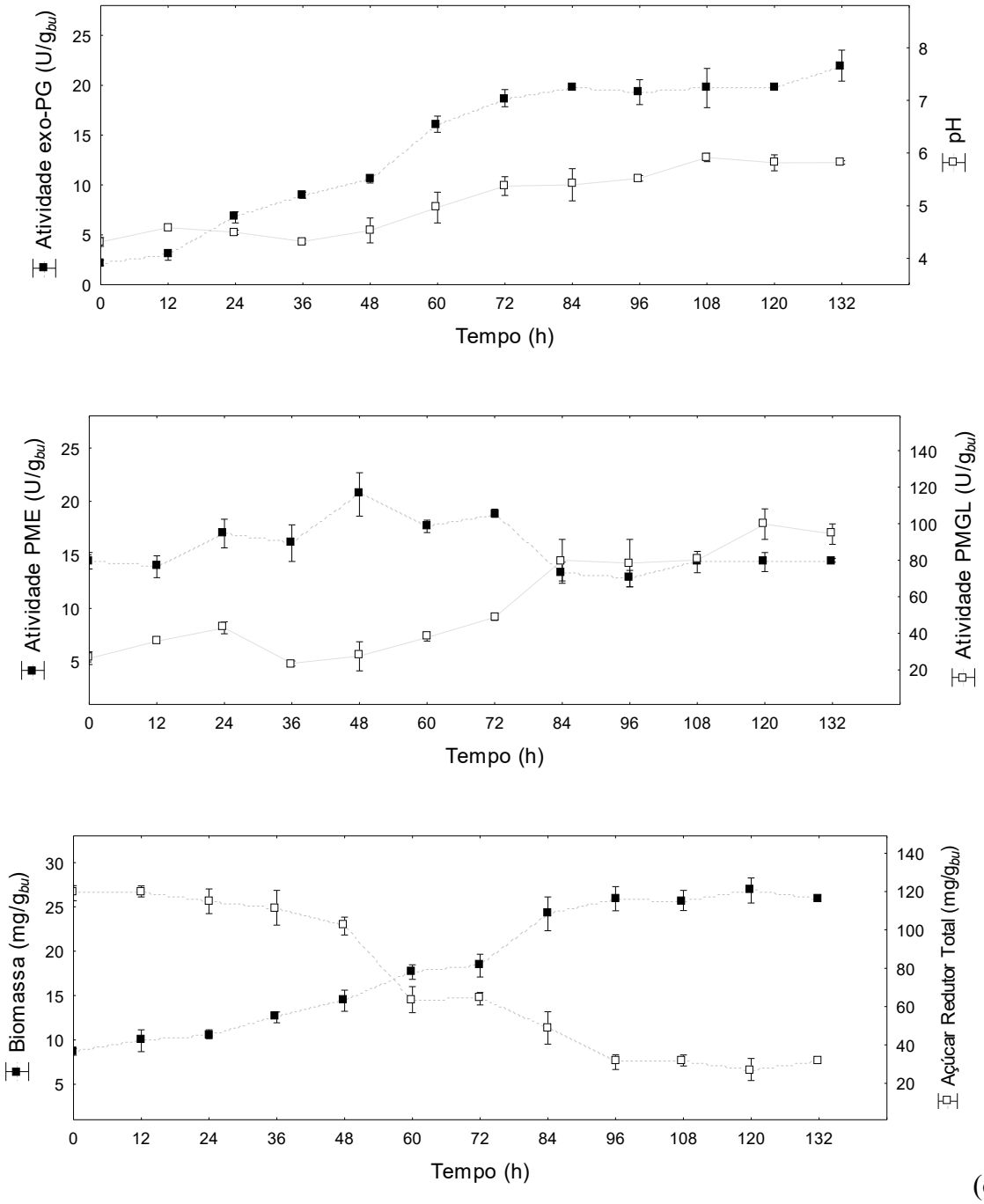


Figura 11: Estudo cinético da bioprodução de exo-PG e pH (a), atividade enzimática da PME e PMGL (b) e crescimento celular e açúcares redutores totais (c), em função do tempo. Condições de cultivo: 9 g de casca de laranja, 3 g de farelo de trigo e 7 g de água de maceração de milho, 65 % de umidade, 5 x 10^6 esporos/g_{bu}. Solvente de extração: NaCl (0,1 mol/L). Relação solvente:substrato: 10:1 (v:m). Condições de extração: 30 °C, 30 min, 180 rpm.

Na Figura 1b observa-se uma queda na atividade da enzima PME após 48 h de cultivo. Há relatos na literatura avaliando a produção da PME em diferentes tempos de cultivo utilizando a tecnologia de fermentação e apresentando esse comportamento de queda na atividade (Fawole e Odunfa, 2003; Crotti *et al*. 1999).

Avaliando o comportamento do pH do meio de cultivo ao longo do tempo (Figura 1a) observa-se um leve declínio nas primeiras 36 h (4,3) e a partir de 72 h o valor do pH aumentou atingindo aproximadamente o valor de 6,0, em 132 h de cultivo. Poletto *et al.* (2017) monitorou o pH do meio fermentativo da produção de pectinases por *A. niger* LB-02-SF em fermentação em estado sólico em biorreator de tambor rotativo em escala de bancada e, também, constatou uma leve redução do valor inicial de 4,8 para 4,1 em 48 h e, ao final do processo houve um aumento (5,1). O autor justifica que, possivelmente, esse comportamento seja devido a liberação de amônia resultante da quebra de proteínas e da oxidação de aminoácidos durante a utilização das fontes de carbono, na produção de pectinases por *A. niger*, o que também foi relatado por Berovič & Ostroveršnik (1997) e Silva *et al.* (2005).

Ao analisar os açúcares redutores totais (Figura 1c), observa-se um consumo lento nas primeiras 36 h (~120 mg/g_{bu}) de cultivo, caracterizado pela adaptação do micro-organismo ao meio. Após este período, constata-se um consumo progressivo, bem como, um incremento da biomassa e da produção de exo-PG, sendo que, em 84 h observa-se um consumo de açúcares de aproximadamente 83 %, sendo o mesmo comportamento encontrado por Poletto e seus colaboradores (2017).

A biomassa atingiu seu valor máximo de 27,0 mg/g_{bu} (77,1 mg/g_{bs}) após 84 h de cultivo (Figura 1c). O comportamento da curva apresentou um perfil clássico, uma vez que, observa-se a fase de adaptação nas primeiras 24 h, de multiplicação exponencial em 24 a 84 h e a fase estacionária, após 84h. Poletto *et al.* (2017) encontrou um valor máximo de biomassa de aproximadamente 160 mg/g_{bs} após 60 h de incubação. Hendges *et al.* (2011) também avaliaram o teor da biomassa durante a produção da endo-PG por *A. niger* T0005/007-2 e obtiveram um valor máximo de biomassa de aproximadamente 100 mg/g_{bs} após 72 h de incubação.

Fungos filamentosos consomem seletivamente os nutrientes presentes no meio de cultura e os convertem, em parte, em biomassa, aumentando a concentração celular. Para melhor descrever a cinética de crescimento, definiu-se parâmetros relacionados com a concentração celular, consumo de substratos, velocidade específica de crescimento microbiano, rendimento e produtividade do processo, os quais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros cinéticos e estequiométricos da bioprodução das enzimas exo-PG, PME e PMGL em cultivo estado sólido.

	Exo-PG	PME	PMGL
P_{max}(U/g_{bu})	23	21	100
$T_{p,max}$ (h)	132	48	120
X_{max} (mg/g_{bu})	26,8	26,8	26,8
S_o (mg/g_{bu})	119,1	119,1	119,1
$S_{p,Max}$ (mg/g_{bu})	21,5	102,0	21,5
$S_{x,Max}$ (mg/g_{bu})	27,2	27,2	27,2
$Y_{P/X}$ (U/mg)	0,86	0,78	3,73
$Y_{P/S}$ (U/mg)	0,24	1,22	1,03
$Y_{X/S}$ (mg/mg)	0,29	0,29	0,29
P (U/g_{bu}/h)	0,17	0,43	0,83
pH $_{incial}$	4,3	4,3	4,3
pH $_{final}$	5,8	5,8	5,8

Condições de cultivo: 9 g de CL, 3 g de FT e 7 g de AMM. Pmax = máxima atividade enzimática obtida no processo (U/g_{bu}); $T_{P,max}$ = tempo de processo em que ocorreu P_{max}; X_{max} = máxima concentração celular obtida no processo; S_o = concentração inicial de substrato; $S_{P,max}$ = concentração de substrato no instante em que ocorreu P_{max}; $S_{X,max}$ = concentração de substrato no instante em que ocorreu X_{max}; $Y_{P/X}$ = fator de produção específica; $Y_{P/S}$ = fator de conversão de substrato em enzimas, $Y_{X/S}$ = fator de conversão de substrato em células; P = produtividade mássica.

Outros relatos podem ser observados na literatura sobre a cinética de bioprodução. Dìaz *et al*. (2012), utilizando a tecnologia de FES e analisaram a evolução temporal da concentração de açúcares redutores, pH e a produção de exo-PG, por *A. awamori*, empregando como substrato apenas casca de laranja e uma mistura de casca de laranja e pomace de maçã. Os autores constataram que a concentração de açúcar cai drasticamente após 120 h de fermentação em ambas as condições; que o valor do pH diminui de 4,0 para 3,5 nas primeiras 3 h, subindo e mantendo-se constante (4,8) após 4 h e que a atividade enzimática atingiu um valor máximo em 14 dias de fermentação (16,9 U/g_{bs}), porém mantendo-se constante a partir de 96 h ao utilizar apenas casca de laranja, e 120 h (~5,5 U/g_{bs}) ao utilizar uma mistura de casca de laranja e pomace de maçã na proporção de 1:1.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES e à FAPERGS pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

Aidoo, K.E., Hendry, R. e Wood, B.J.B., 1981. "Estimation of fungal growth in a solid state fermentation system". *Applied Microbiology and Biotechnology*, Vol. 12, n. 1, p. 6-9.

Berovič, M. e OstroveršniK, H., 1997. "Production of *Aspergillus niger* pectolytic enzymes by soli state bioprocessing of apple pomace". *Journal of Biotechnology*, Vol. 53, p. 47-53.

Crotti, L.B.; Jabor, V.A.P.; Chellegatti, M.A.S.C.; Fonseca, M.J.V.; Said, S., 1999. "Studies of pectic enzymes produced by *Talaromyces flavus* in submerged and solid substrate cultures". *Journal of Basic Microbiology*, Vol. 39, n. 4, p. 227-235.

Dìaz, A.B, ORY, I., CARO, I. e BLANDINO, A., 2012. "Enhance hidrolytic enzymes production by *Aspergillus awamori* on supplenmented grape pomace". *Food and Bioproducts Processing*, Vol. 90, p. 72-78.

FAWOLE, O.B.; ODUNFA, S.A. , 2003. "Some factors affecting production of pectic enzymes by *Aspergillus niger*". *International Biodeterioration & Biodegradation*, Vol. 52, p. 223-227.

Fontana, R.C, Salvador, S. e Silveira, M.M., 2005. "Influence of pectin and glucose on growth and polygalacturonase production by *Aspergillus niger* in solid-state cultivation". *Journal of Industrial Microbiology* and *Biotechnology,* Vol. 32, p. 371-377.

Hendges, D.H., Montanari, Q., Malvessi, E. e Silveira, M.M., 2011. "Production and characterization of endo-polygalacturonase from *Aspergillus niger* in solid-state fermentation in double-surface bioreactor". *Brazilian Archhives Biology Technology,* Vol. 54, n. 2, p. 253-258.

Hultin, H.O., Sun, B. e Bulger, J., 1966. "Pectin methyl esterases of the banana. Purification and properties". *Journal of Food Science,* Vol. 31, n. 3, p. 320-327.

Instituto Adolfo Lutz. 2005. "*Métodos químicos e fisicos para análise de alimentos".* 4ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 1028 p.

Mata-Gómez, M.A., Heerd, D., Oyanguren-García, I., Barbero, F., Rito-Palomares, M., e Fernández-Lahore, M., 2014. "A novel pectin-degrading enzyme complex from *Aspergillus sojae* ATCC 20235 mutants". *Journal of the Science of Food and Agriculture,* Vol. 95, n. 7, p. 1554-1561.

Miller, G.L., 1959. "Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination or reducing sugar". *Analytical Chemistry,* Vol. 31, n. 3, p. 426-428.

Pitt, D., 1988 "Pectin lyase from *Phoma medicaginis* var. *pinodella*". *Methods in Enzymology,* v. 161, p. 350-354.

Poletto, P., Polidoro, T. A., Zeni, M., Silveira, M. M., 2017. "Evaluation of the operating conditions for the solid-state production of pectinases by *Aspergillus* niger in a bench-scale, intermittently agitated rotating drum bioreactor". *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 79, p. 92-101

Poletto, P., 2015. "*Produção, recuperação e avaliação de pectinases obtidas de Aspergillus niger LB-02-SF obtidas em biorreator de tambor rotativo*". 124 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul.

Reginatto, C., Rossi, C., Miglioranza, B.G., Santos, M., Meneghel, L., Silveira, M.M., Malvessi, E. 2017. "Pectinase production by *Aspergillus niger* LB-02-SF is influenced by the culture medium composition and the addition of the enzyme inducer after biomass growth". *Process Biochemistry,* Vol.58, p.1-8.

Scotti, C.T., Vergoignan, C., Feron, G. e Durnad, A., 2001. "Glucosamine measurement as indirect method for biomass estimation of *Cunninghamella elegans* grown in solid state cultivation conditions". *Biochemical Engineering Journal,* Vol. **7**, n. 1, p. 1-5.

Silva, D., Tokuioshi, K., Martins, E.S., Silva, R. e Gomes, E., 2005. "Production of pectinase by solid-state fermentation with *Penicillium viridicatum* RFC3". *Process Biochemistry,* Vol. 40, p. 2885-2889.

7. COMUNICADO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso deste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTABILIDADE DE PECTINASES PRODUZIDAS POR *Aspergillus niger* ATCC 9642 EM CULTIVO EM ESTADO SÓLIDO

Valeria Borszcz
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Rua Domingos Zanella, 104, Erechim/RS, Brasil
e-mail: valeria.b@erechim.ifrs.edu.br

Taísa Renata Piotroski Boscato
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida 7 de Setembro, 1621, Erechim/RS, Brasil
e-mail: taisa.boscatto@gmail.com

Maurício Moura da Silveira
Universidade de Caxias do Sul, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul/RS, Brasil
e-mail: mmsilvei@ucs.br

Denise Oliveira Guimarães
Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ Campus Macaé, Rua Alcides da Conceição, 159, Novo Cavaleiros, Macaé/RJ, Brasil
e-mail: deolguimaraes@gmail.com

Geciane Toniazzo Backes
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida 7 de Setembro, 1621, Erechim/RS, Brasil
e-mail: gtoniazzo@uricer.edu.br

Eunice Valduga
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida 7 de Setembro, 1621, Erechim/RS, Brasil
e-mail: veunice@uri.com.br

Resumo: *As enzimas exercem função de catalisadores de reações que compõem as vias catabólicas e anabólicas do metabolismo cellular e sua velocidade de reação depende de condições específicas de pH, temperatura e força iônica do meio. A utilização do congelamento como método de conservação é amplamente utilizado para prolongar a vida útil de compostos orgânicos. O objetivo deste trabalho visou avaliar a estabilidade das enzimas pectinolíticas exo-poligalacturonase (exo-PG), pectina metilesterase (PME) e pectina liase (PMGL) a baixas temperaturas. O extrato bruto enzimático obtido de cultivo em estado sólido foi armazenado nas temperaturas de - 80 e -10 ºC e avaliada a estabilidade por um período de 36 semanas. As enzimas exo-PG e PME mantiveram 80 % de sua atividade enzimática inicial na 36º semana. No entanto, a enzima PMGL perdeu mais de 50 % de sua atividade, após seis semanas de incubação.*

Palavras-chave: *Enzima, fungos filamentos, bioprodução.*

1. INTRODUÇÃO

Enzimas são proteínas que catalizam reações químicas e apresentam certa especificidade, tais como a capacidade de reagir em determinados substratos produzindo produtos. Muitas enzimas são utilizadas na tecnologia de alimentos com objetivos comerciais, sendo empregadas no processo de fabricação de alimentos e bebidas.

As enzimas, por apresentar características de especificidade, são influenciadas por fatores intrínsecos e extrínsecos, como o pH e a temperatura. Esses fatores podem afetar a velocidade de reação e a estabilidade enzimática, como por exemplo, baixos valores de pH e temperatura inibem a ação catalítica da enzima e, aplicação de altas temperaturas, desnaturam a molécula da proteina inativando a ação catalítica perante ao substrato (Naushad *et al.,* 2012).

A avaliação da estabilidade das enzimas frente às diferentes condições de incubação são fatores importantes em aplicação industrial. O uso de baixas temperaturas de conservação influenciará no tempo em que a enzima poderá ser armazenada, mantendo suas características iniciais, em termos de atividade enzimática.

Neste trabalho foi avaliado a estabilidade das enzimas pectinolíticas exo-PG, PME e PMGL a baixas temperaturas de armazenamento (-80 ºC e - 10 ºC), após 36 semanas de incubação. As enzimas, contida no extrato bruto enzimático, foram produzidas em processo de cultivo em estado sólido, utilizando resíduos agroindustriais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Bioprodução

Para a bioprodução empregou-se uma suspensão de 5 x 10^6 esporos/g_{bu} do fungo filamentoso *A. niger* ATCC 9642 que foi inoculado em meio de cultivo contendo 9 g de casca de laranja, 3 g de farelo de trigo e 7 g de água de maceração de milho (exo-PG); 12 g de casca de laranja, 0,81 g de farelo de trigo e 3 g de água de maceração de milho (PME) e; 16 g de casca de laranja e 2 g de água de maceração de milho (PMGL). As amostras (65 % de umidade) foram previamente esterilizadas em autoclave vertical (Phoenix, modelo AV75), por 15 min a 1 atm. O meio foi incubado em câmara de germinação (Tecnal, modelo TE401) na temperatura de 30 ºC no tempo de 84 h (exo-PG), 36 h (PME) e 132 h (PMGL). As concentrações de substratos utilizados para bioprodução de cada enzima foram otimizadas em estudos anteriores (Borszcz *et al.,* 2017; Borszcz, 2015).

2.2 Extração Enzimática

Para obtenção do extrato enzimático foi utilizado como solvente solução de NaCl 0,1 mol/L, na proporção de solvente:substrato cultivado de 10:1 (v/m). As amostras foram submetidas às condições de 180 rpm, 30 min e 30ºC (exo-PG) e 55ºC (PME e PMGL). As condições de extração foram otimizadas em estudos anteriores (Borszcz *et al.,* 2017; Borszcz, 2015).

2.3 Avaliação da Estabilidade Térmica a Baixas Temperatura de Armazenamento.

Foi avaliada a estabilidade térmica das enzimas exo-PG, PME e PMGL contidas no extrato bruto enzimático produzidas por cultivo em estado sólido. Os extratos enzimáticos foram incubandos nas temperaturas de -80 e -10ºC durante 36 semanas. A cada 7 dias foram coletadas amostras para avaliação da atividade enzimática. A estabilidade frente à temperatura foi expressa em termos de porcentagem residual da atividade enzimática.

2.4 Avaliação da Atividade enzimática.

A atividade da exo-PG foi mensurada pela quantificação dos grupos redutores, expressos em ácido galacturônicos liberados utilizando o reagente de ácido 3,5-dinitrosalicílico, DNS (Miller, 1959). A atividade de PME foi determinada segundo método descrito por Hultin *et al.* (1966), onde uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 μmol de NaOH/min/mL, nas condições do ensaio. A atividade de PMGL foi determinada segundo método de Pitt (1988), onde uma unidade da atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima capaz de causar a mudança de 0,01 na absorbância a $\lambda_{550.}$ As atividades das pectinases foram expressas em uma unidade de atividade por grama de base úmida fermentada (U/g_{bu}).

2.5 Análise estatística

Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente mediante análise de variância (ANOVA), seguida de Teste de Tukey, utilizando o Software *Statistica* versão 5.0, ao nível de significância de 95 %.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando a estabilidade térmica do extrato enzimático bruto de exo-PG e PME (Figura 1a-b) verifica-se que manteve-se 80 % de sua atividade residual após 36 semanas de incubação a -80 e -10 ºC. No entanto, o mesmo comportamento não foi observado ao incubar o extrato enzimático da PMGL nas condições de congelamento. Em seis semanas de armazenamento a atividade caiu para 50 % da sua capacidade inicial (Figura 1c). O estudo para a enzima PMGL não foi realizado até às 36 semanas, uma vez que o tempo de meio vida da enzima já foi alcançado, reduzindo drasticamente em dez semanas de armazenamento.

A maioria das enzimas não são estáveis durante o armazenamento em soluções e sua atividade descresce gradualmente com o tempo. Barbosa (2009) avaliou a estabilidade de armazenamento da invertase livre e imobilizada a 4 ºC. O sistema contendo a enzima imobilizada mostrou-se mais estável que a forma livre, mantendo 94 % de atividade após 75 dias de armazenamento. Astolfi (2014) avaliou a estabilidade da enzima FPase nas temperaturas de armazenamento de -80ºC, -10ºC e -4 ºC e constatou que apenas 60% da atividade enzimática residual desta enzima, após 41 semanas de armazenamento.

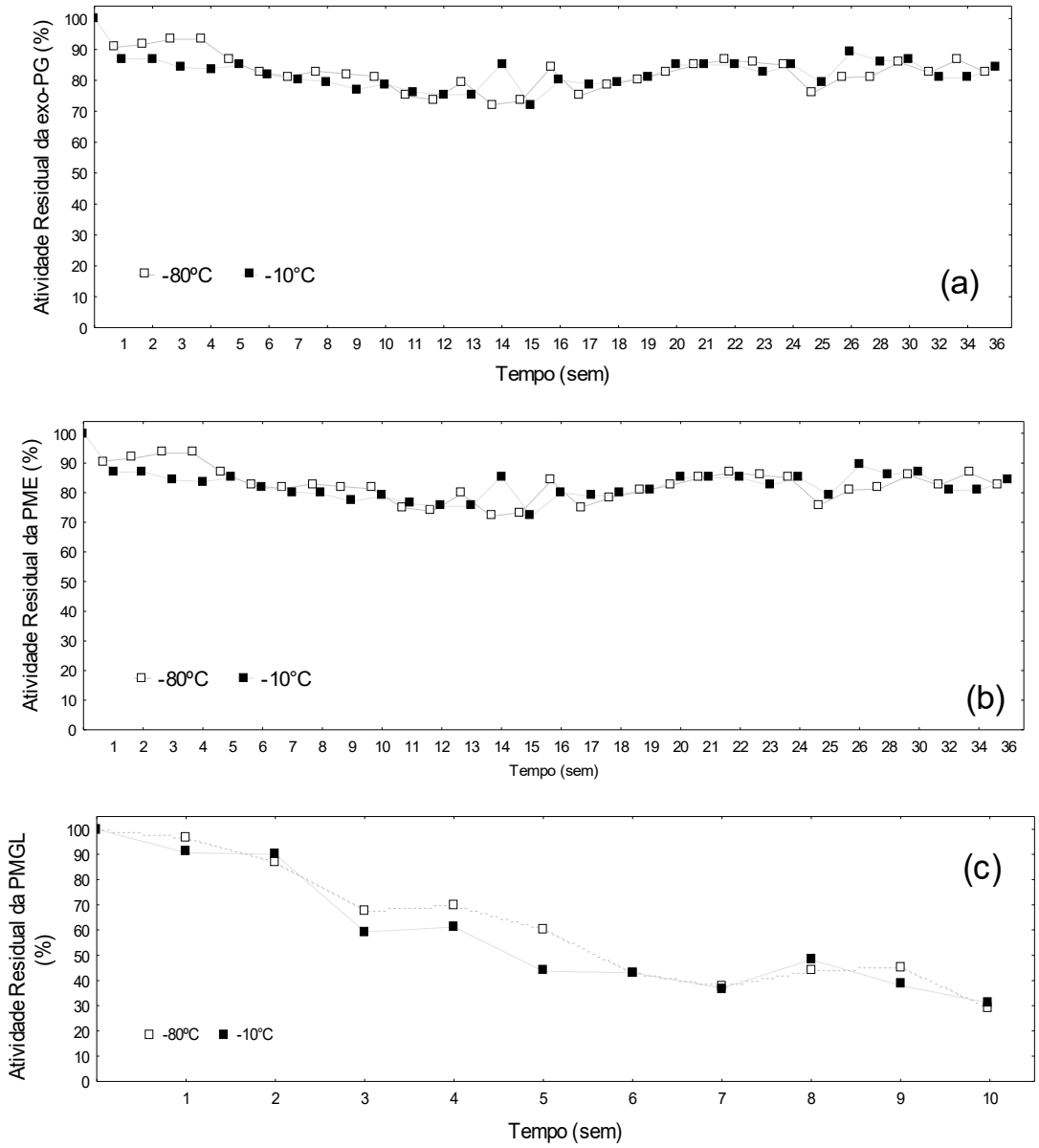


Figura1: Efeito de baixas temperaturas na estabilidade do extrato bruto enzimático da exo-PG (a), PME (b) e PMGL (c)m em função do tempo de incubação. Condições de cultivo: meio composto por casca de laranja, farelo de trigo e água de maceração de milho, 65 % de umidade, 5 x 10^6 esporos/g_{bu}. Tempo de cultivo: 84 h (exo-PG), 36 h (PME) e 132 h (PMGL). Condições de extração: NaCl (0,1 mol/L), relação solvente:substrato 10:1 (v:m), 180 rpm, 30 min, 30 ºC, (exo-PG) e 55 ºC (PME e PMGL) .

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES e à FAPERGS pelo apoio financeiro.

5. REFERÊNCIAS

Astolfi, V., 2014. Produção de celulases e hemicelulase por fermentação em estado sólido usando *Trichoderma reesei* NRRL 3652 em resíduos agroindustriais. *Tese de Doutorado*, URI, Erechim, Brasil.

Barbosa, E.F., 2009. Avaliação da atividade da invertase de *Saccharomyces cerevisiae* imobilizada em polianilina sobre o caldo de cana. *Dissertação de Mestrado*, UFG, Goiânia, Brasil.

Borszcz V. , Boscato, T.R.P., Antunes, A., Zeni, J., Backes, G.T., Valduga, E., 2017. "Recovery of Pectinase Obtained by Solid-State Cultivation of Agro-Industrial Residues". *Industrial Biotechnology*, Vol. 13, n. 3, p. 141-148.

Borszcz, V., 2015. "Produção de Pectinases por *Aspergillus niger* ATCC9642 em Cultivo em Estado Sólido e Aplicação na Remoção de Biofilmes Microbianos". *Tese de Doutorado*, URI, Erechim, Brasil.

Naushad, M., ALOthman, Z.A. Khan, A. B., Ali, M, 2012. "Effect of ionic liquid on activity, stability, and structure of enzymes: A review". *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol. 51, n. 4, p. 555-560

Hultin, H.O., Sun, B. e Bulger, J., 1966. "Pectin methyl esterases of the banana. Purification and properties". *Journal of Food Science,* Vol. 31, n. 3, p. 320-327.

Miller, G.L., 1959. "Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination or reducing sugar". *Analytical Chemistry,* Vol. 31, n. 3, p. 426-428.

Pitt, D., 1988 "Pectin lyase from *Phoma medicaginis* var. *pinodella*". *Methods in Enzymology,* v. 161, p. 350-354.

6. COMUNICADO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso deste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

APERFEIÇOAMENTO DE BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO EM VEGETAIS E FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADOS

Willian Eduardo Trentin[1]

Patrícia dos Santos[1]

Juliana Steffens[1*]

Clarice Steffens[1]

[1] Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Av. Sete de Setembro, 1621 – Erechim – RS.
[*] williaan.trentin@gmail.com

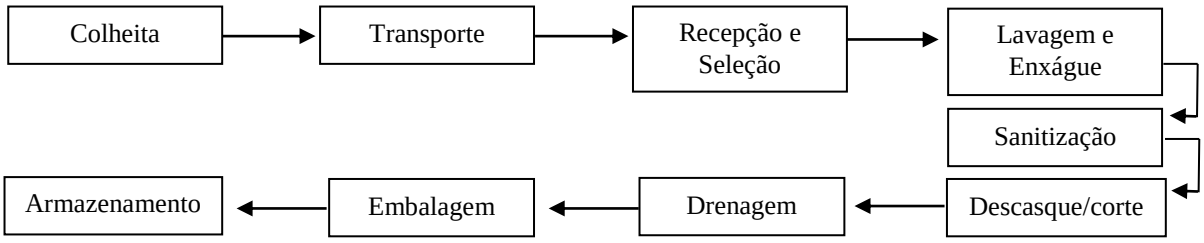
Resumo. *O presente trabalho teve como objetivo efetuar o treinamento de produtores da região do Alto Uruguai, no Rio Grande do Sul, para obtenção de vegetais e frutas minimamente processados com qualidade. Baseando-se nisso, elaborou-se, através do software Microsoft Word, um manual de boas práticas de fabricação de minimamente processados e realizou-se minicursos visando a instrução sobre o processo mínimo de vegetais. Durante a realização dos minicursos, além de uma breve apresentação em forma de slides, disponibilizou-se um manual para cada participante para que os mesmos pudessem acompanhar melhor o andamento do encontro e aprimorar seus conhecimentos. O manual contém, de forma detalhada e didática, informações que vão desde a colheita, passando pelo processamento, até o momento de embalagem dos alimentos, visando também as boas práticas de fabricação com os utensílios e equipamentos. Além disso, houveram instruções sobre as boas práticas em relação aos manipuladores dos alimentos, pontificando o que é proibido durante a manipulação, como utilização de unhas compridas, anéis e barba, e o que é indicado, como o emprego de luvas, toucas, máscaras e uniforme enquanto os manipuladores lidam com os alimentos. Houveram, ainda, explicações sobre como deve ser a estrutura do local onde os alimentos serão processados e, também, sobre o controle de pragas nas áreas próximas do local de fabricação. Todo esse procedimento propende melhorar o aproveitamento de frutas e hortaliças de modo a aumentar o tempo de vida útil desses alimentos. No decorrer dos minicursos, os participantes foram instruídos à aderirem ao uso das boas práticas de fabricação, e terem noção da sua importância, para ter uma manipulação correta de alimentos minimamente processados, bem como as etapas de fabricação, para que pudessem reduzir os riscos de contaminação que podem expor a saúde do consumidor, resultando em um alimento de qualidade.*

Keywords: *vegetais, frutas, minimamente processados, treinamento*

1. INTRODUÇÃO

Processamento mínimo de frutas e vegetais é definido como a ação que elimina as partes impróprias para consumo dos mesmos, como talos, cascas, sementes e, em alguns casos, folhas. Em seguida prepara-se o produto em tamanhos menores (corte) para que possam ser consumidos de imediato, sem que o vegetal/fruta perca a condição de produto fresco, mantendo a sanidade e a qualidade (Duringan, 2000). Em outras palavras, alimentos minimamente processados são os que passam por etapas básicas de processamento (Fluxograma 1), sem que percam as propriedades do produto *in natura*.

A segurança e a qualidade destes alimentos estão diretamente associadas aos métodos de processamento, qualidade da matéria prima que será processada, uso de acondicionamento (embalagem) apropriado e armazenamento adequando (Cantewell & Suslow, 2002). Desta maneira, nota-se a importância do uso de boas práticas de fabricação durante a produção de alimentos minimamente processados para que se evite, ao máximo, que o alimento sofra alguma contaminação e possa expor a saúde do consumidor.



Fluxograma 1: Etapas de produção de frutas e hortaliças minimamente processadas.

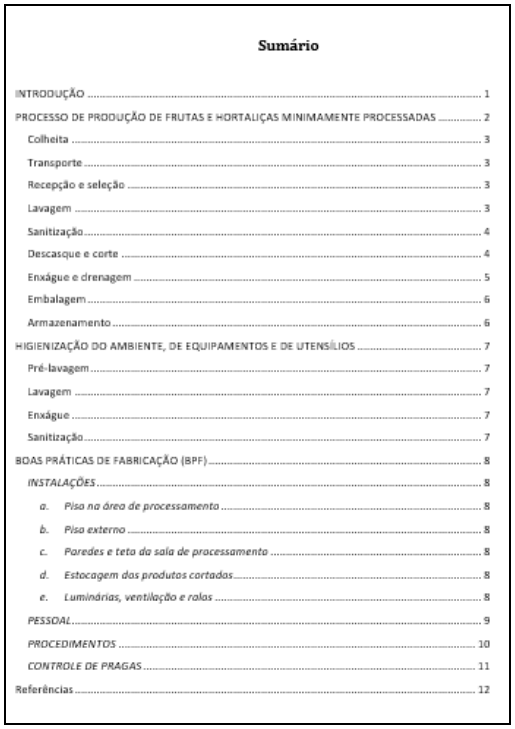
2. METODOLOGIA

Inicialmente foram realizadas buscas bibliográficas em livros e sites da internet para conhecer sobre o assunto. Posteriormente com auxílio do software Microsoft Word, montou-se um manual sobre Boas Práticas em Processamento Mínimo de Frutas e Vegetais, com muitas ilustrações e de forma bem didática para ser distribuído aos produtores e ou interessados. Em outro momento foram agendados minicursos com produtores e interessados em aprender Boas Práticas em Processamento Mínimo de Frutas e Vegetais, onde para ministrar estes minicursos montou-se uma apresentação de slides, através do software Microsoft Power Point, para auxiliar de forma ilustrativa a explicação durante os encontros. Os minicursos aconteceram, inicialmente, com uma apresentação oral sobre Boas Práticas de Fabricação e, posteriormente, realizou-se a prática, com a produção dos alimentos minimamente processados, visando aplicar tudo o que foi explanado com a apresentação oral.

3. RESULTADOS

Realizaram três minicursos em diferentes localidades da região do Alto Uruguai, no Rio Grande do Sul. Nestes encontros repassou-se aos ouvintes informações sobre boas práticas de fabricação no processamento mínimo de frutas e vegetais. Para melhor acompanhamento dos ouvintes, disponibilizou-se um Manual de Boas Práticas de Fabricação de Frutas e Hortaliças Minimamente Processadas, o mesmo contém 13 páginas e, sintetizado, apresenta-se a capa (Figura 1) e o sumário (Figura 2).

Figura 1: Capa do Manual.


Sumário

INTRODUÇÃO 1
PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FRUTAS E HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS 2
Colheita 3
Transporte 3
Recepção e seleção 3
Lavagem 3
Sanitização 4
Descasque e corte 4
Enxágue e drenagem 5
Embalagem 6
Armazenamento 6
HIGIENIZAÇÃO DO AMBIENTE, DE EQUIPAMENTOS E DE UTENSÍLIOS 7
Pré-lavagem 7
Lavagem 7
Enxágue 7
Sanitização 7
BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO (BPF) 8
INSTALAÇÕES 8
a. Piso na área de processamento 8
b. Piso externo 8
c. Paredes e teto da sala de processamento 8
d. Estocagem dos produtos cortados 8
e. Luminárias, ventilação e ralos 8
PESSOAL 9
PROCEDIMENTOS 10
CONTROLE DE PRAGAS 11
Referências 12

Figura 2: Sumário Manual

Este manual foi impresso e entregue para cada um dos participantes, a fim de facilitar o acompanhamento durante o minicurso e aprimorar os conhecimentos dos mesmos. No manual são abordados e explicados processos que vão desde colheita até armazenamento dos alimentos, higienização do ambiente e dos equipamentos e utensílios, bem como os

procedimentos para as boas práticas de fabricação. Todo este processo visa o melhor aproveitamento de frutas e hortaliças de modo a aumentar o tempo de "vida de prateleira" dos alimentos além de ter produtos com qualidade e que possuam características e propriedades que se assemelhem aos alimentos in natura. Abaixo apresenta-se algumas imagens capturadas durante os minicursos realizados:

Figura 3: Momento em que o grupo reproduz a "linha de produção", iniciando com a seleção das frutas/hortaliças, passando pela lavagem, descasque/corte e embalagem.

Figura 4: Participantes do minicurso e vegetais/frutas embalados.

Figura 5: Explicação oral sobre Boas Práticas de Fabricação.

Figura 6: Frutas e vegetais minimamente processados, produzidos durante o minicurso, embalados.

Ao final dos minicursos, os participantes puderam levar para casa os produtos elaborados. Os participantes também relataram que o treinamento foi muito proveitoso, pois puderam verificar maneiras para melhor conservar produtos que as vezes acabam estragando por não serem processados adequadamente.

4. CONCLUSÃO

Através do Manual de Boas Práticas de Fabricação, foi possível disseminar aos participantes dos minicursos o conhecimento referente às boas práticas na manipulação de alimentos minimamente processados, bem como sua fabricação.

Os participantes foram instruídos, do início ao fim dos encontros, para uma manipulação correta de produtos alimentícios, desde o momento da colheita até a embalagem, incluindo higienização de instalações e equipamentos, sempre enfatizando o risco de contaminações que pode expor a saúde do consumidor. Ao término de cada encontro, foi possível observar a satisfação e contentamento de cada participante com a experiência vivenciada nos minicursos.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a URI pelo auxílio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

Cantwell, M. I.; Suslow, T. V. Postharvest handling systems: fresh cut fruits and vegetables. In: Kader, A. A. (Ed.). Postharvest technology of horticultural crops. 3. ed. Davis: Califórnia, 2002. cap. 36, p. 445-463.

Duringan, J. F. O processamento mínimo de frutas. 2000. 12p. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. Fortaleza. 2000.

Paula, N. R. F.; Vilas Boas, E. V. B.; Rodrigues, L. J.; Carvalho, R. A.; Picolli, R. H.; Qualidade de produtos minimamente processados e comercializados em gôndolas de supermercados nas cidades de Lavras-MG, Brasília-DF e São Paulo-SP. Ciência Agrotécnica. Lavras. V.33, n.1, p. 219-227. 2009.

Rodrigues, G.; Alves, M. A. B. F.; Maluf, W. R. Hortaliças minimamente processadas. In: Boletim Técnico de Hortaliças, n. 31. 1ª ed. Lavras: UFLA, jul. 1999.

Sarzi, B.; Duringan, J. F. Avaliação física e química de produtos minimamente processados de Abacaxi-Pérola. Revista Brasileira de Fruticultura. São Paulo. V. 24, n. 2, p. 333-337, 2002.

Sasaki, F. F. Processamento mínimo de abóbora (Cucurbita moschata Duch.): alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas. 2005. 145p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

Torrezan, R. Curso de processamento de frutas. Rio de Janeiro: CTAA Embrapa, 1997. 137p.

Vilas Boas, E. V. B.; Pimheiro, A. C. M.; Prado, M. E. T.; Mattos, L. M.; Santos, J. C. B.; Lima, L. C. O. Efeito do descascamento sobre a qualidade de tangerinas 'Ponkan'. In: Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 2. Viçosa, 2000. Resumos. Viçosa: UFV, 2000. p.23.

Vitti M. C. D.; Kluge, R. A.; Basseto, E.; Jacomino, A. P. Temperatura de armazenamento de tangores "Murcote" minimamente processados. Revista Brasileira de Fruticultura. São Paulo. V.25, n.3, p. 535-536, 2003.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores Willian Eduardo Trentin, Patricia dos Santos, Clarice Steffens e Juliana Steffens são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Engenharia de Produção

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DA APLICABILIDADE DE UM MÉTODO DE PREVISÃO DE DEMANDA PARA UM PRODUTO DE UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Cleber Serafim Lopes
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
cleberlopes@uricer.edu.br

Eduardo de Almeida Canabarro
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
eduardo.acanabarro@gmail.com

Kássia Raquel de Almeida
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
kassiar.dealmeida@gmail.com

Resumo: *O planejamento é palavra-chave dentro das empresas, pois garante uma boa posição e um bom funcionamento das atividades e processos realizados na organização. Planejar a demanda daquilo que é produzido pela empresa é tarefa fundamental, e os erros relacionados a isso podem causar sérios prejuízos para o negócio. O presente trabalho objetiva aplicar um método de previsão da demanda que faz parte do conteúdo programático de uma disciplina do curso de Engenharia de Produção, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim, utilizando-se de dados reais, a fim de verificar se o método é eficiente e condiz com a realidade das empresas. Através da comparação entre o resultado obtido com a aplicação do método e a demanda real ocorrida no tempo de estudo, pretende-se avaliar se o método é eficiente quando aplicado fora do ambiente da teoria. A empresa em estudo disponibilizou dados de um de seus produtos cuja demanda foi identificada como sazonal e foi aplicado o método de previsão da demanda com Sazonalidade Simples.*

Palavras-chave: *Previsão; demanda; método; planejamento da produção; sazonalidade*.

1. INTRODUÇÃO

Planejar a produção é uma atividade necessária a qualquer indústria, visto que um bom planejamento reduz as chances de ocorrerem imprevistos no momento da produção. Levando em conta a realidade atual das empresas, onde se vivencia um ambiente instável e competitivo, reduzir os riscos é, de fato, algo importante e que deve ser desenvolvido e aperfeiçoado.

Prever aquilo que está por vir é uma tarefa complicada e é praticamente impossível ser cem por cento assertivo, mas existem métodos capazes de auxiliar na realização da previsão e que podem diminuir os erros, o que é essencial para que as empresas mantenham uma boa posição no mercado. Dentre todos os tipos de previsão existentes, destaca-se a previsão da demanda, que desempenha um papel-chave em diversas áreas na gestão de organizações e cujo significado e abrangência serão determinados ao longo deste trabalho.

A previsão de demanda constitui-se em uma das atividades de gestão mais importantes para a tomada de decisões gerenciais, uma vez que o sucesso futuro de qualquer empresa depende muito da experiência do gestor em detectar tendências e desenvolver estratégias adequadas para a empresa (VERÍSSIMO et al, 2012). Muitas vezes, a previsão é difícil de ser obtida mesmo em um curto prazo. Embora por vezes seja possível identificar um padrão nas vendas, eventos inesperados podem alterar a demanda repentinamente. Estas incertezas devem ser consideradas pelas organizações ao serem realizadas as previsões de demanda (SLACK et al., 2007).

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo principal demonstrar o resultado da aplicação de um método de previsão da demanda utilizando-se de um histórico de vendas fornecido por uma indústria de alimentos do estado do Rio Grande do Sul, além de identificar quais os principais fatores que influenciam na regularidade da demanda.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Previsão da Demanda

Entende-se por demanda a disposição dos clientes ao consumo de bens e serviços ofertados por uma organização (LUSTOSA et al, 2008, p. 50). Ainda segundo os autores, a previsão da demanda é afetada por diversos fatores, desde macroeconômicos a operacionais. A previsão da demanda é uma etapa crítica para todos os membros de uma cadeia de suprimentos devido à complexidade e as incertezas de suas atividades, e é fundamental para realizar qualquer planejamento (ADMINISTRA BRASIL, 2017).

Do ponto de vista do PCP, Lustosa et al (2008), afirmam que a previsão da demanda é utilizada nas decisões referentes ao planejamento dos recursos de produção, às metas de produção e estoques e às prioridades de produção e expedição de produtos. A Fig. 1 esquematiza a utilização da previsão da demanda do ponto de vista do PCP de acordo com Lustosa et al (2008).

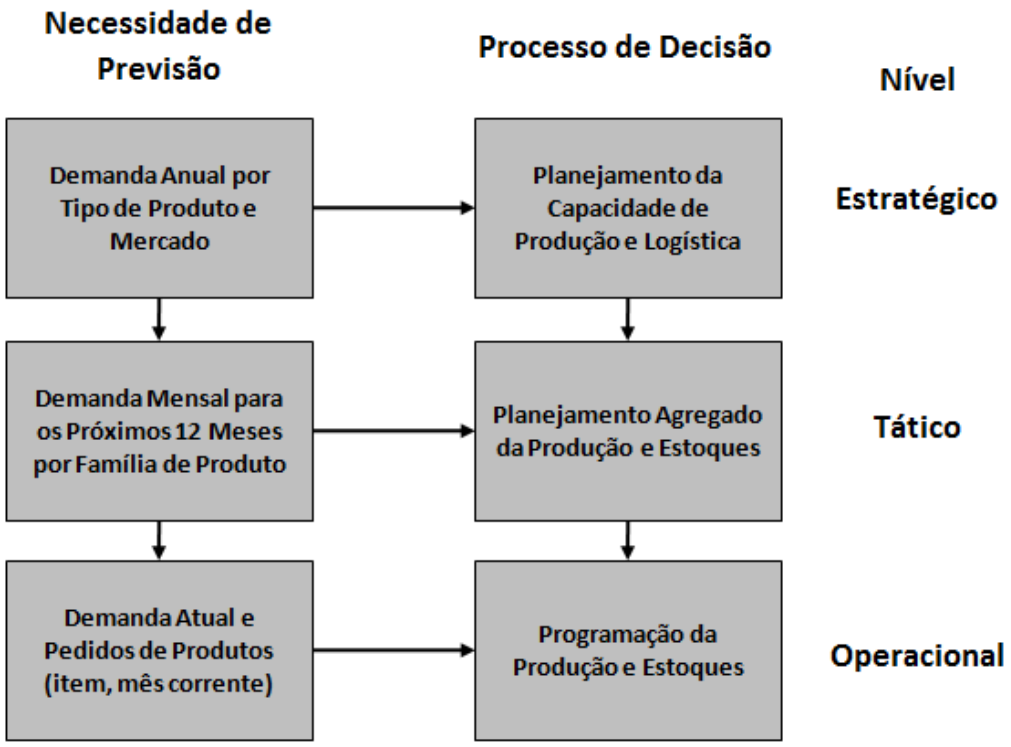


Figura 1: Previsão de demanda no planejamento da produção

A maneira de calcular a previsão varia de uma empresa para outra, tanto se tratando de metodologia de cálculo quanto de setores envolvidos. Algumas empresas têm adotado a alternativa de criar uma área específica para cuidar da gestão da demanda. No entanto, o importante é que o responsável por essa área seja capaz de articular a participação das demais áreas, garantindo a obtenção correta das informações (ADMINISTRA BRASIL, 2017).

Medeiros (2012), afirma que a definição de qual a melhor forma de previsão de demanda a ser instalada em uma empresa é o primeiro passo para um bom planejamento, e requer um profundo estudo. Após, vêm os resultados, que precisam ser positivos, atingidos através de dados informações corretos, de estimativas e de coerência de dados, para haver suposições de um futuro.

Os métodos de previsão são classificados basicamente em duas categorias: qualitativos e quantitativos. Os métodos qualitativos baseiam-se em opiniões subjetivas, especulações e intuição de especialistas. Já os métodos quantitativos servem-se da manipulação matemática de dados históricos para projetar no futuro padrões de comportamento identificados por esses dados (VERÍSSIMO et al , 2012).

2.2 Características da demanda

Para escolher um método de cálculo para a previsão é necessário conhecer qual o comportamento da demanda do produto em questão. Segundo Makridakis (1998) apud Furtado (2006), uma série temporal pode possuir até quatro características conhecidas: média, tendência, sazonalidade e ciclo. Quaisquer variações não explicadas por essas características são consideradas aleatórias e, geralmente, provenientes do ambiente externo (políticas, promoções, economia, etc.).

As características são explicadas por Furtado (2006) como:

- Média: ocorre quando os valores de uma série oscilam entre um valor médio constante.

- Tendência: existe quando a série, de uma maneira geral, apresenta uma tendência ascendente ou descendente quando analisado um longo período de tempo.
- Sazonalidade: ocorre quando existem padrões cíclicos de variação que se repetem em intervalos relativamente constantes de tempo.
- Ciclo: ocorre quando a série apresenta variações ascendentes e descentes não regulares no tempo.

A Fig. 2 foi elaborada pelos autores com base em Cavalheiro (2003) e traz representações dessas quatro características de demanda.

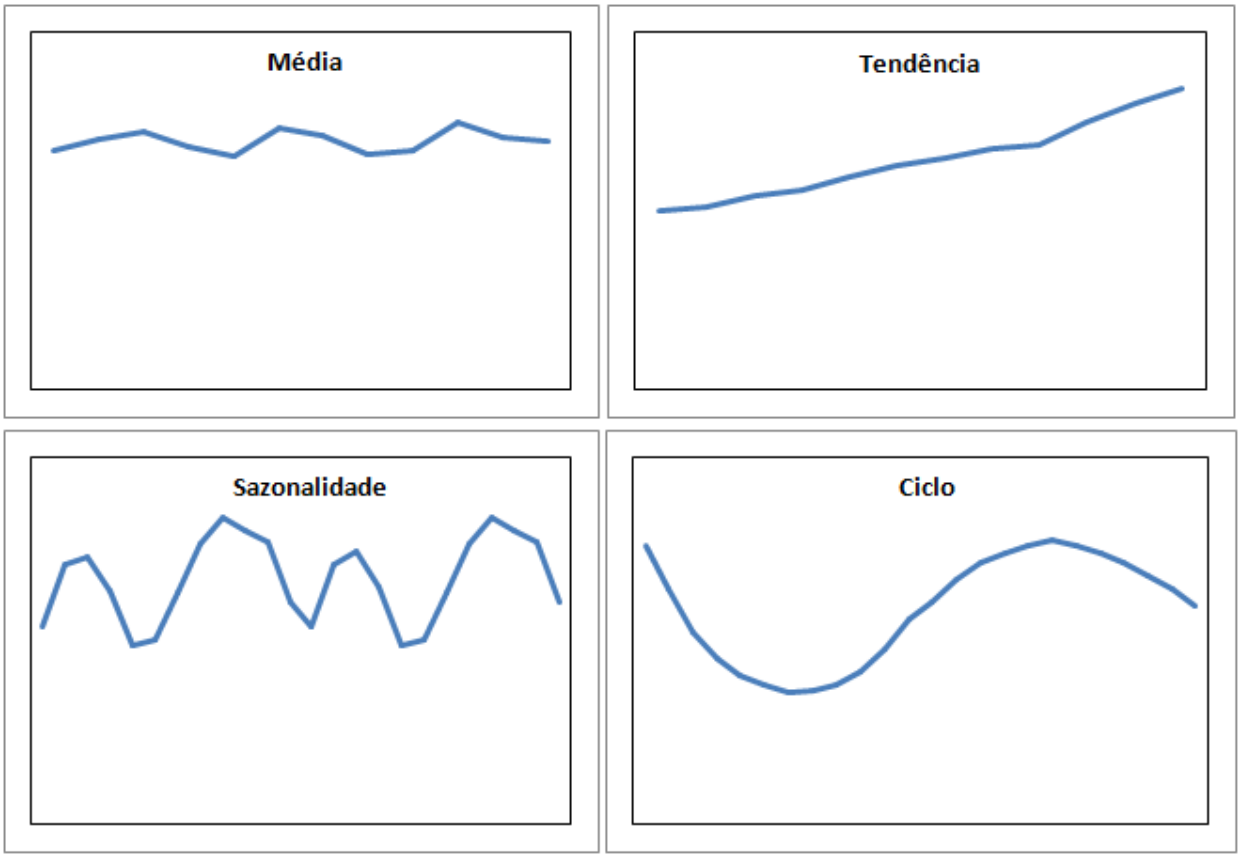


Figura 2: Características da demanda

Para cada tipo de demanda existem inúmeros métodos para calcular a previsão. Quando identificado o tipo de demanda, deve-se então escolher um método disponível, aplicá-lo e acompanhar seus resultados, de forma a compreender se a aplicação gerou resultados satisfatórios. De acordo com Veríssimo et al (2012), um dos maiores problemas associados à utilização das previsões de demanda no apoio à tomada de decisões é a escolha adequada do método de previsão a ser implementado. Diante disso, uma maior disponibilização de recursos no método de previsão escolhido, permite melhorar a precisão da previsão e, assim, eliminar alguns dos prejuízos resultantes da incerteza existente no processo de tomada de decisão.

De acordo com Corrêa e Corrêa (2012), para uma série de previsões, apresentarão erro menor aquelas que forem feitas tecnicamente, por profissionais que tem dados de boa qualidade e sabem o que fazer com eles para gerar uma boa previsão. Riggs (1987) apud Mancuzo (2003), ainda afirma que “a precisão é a medida da qualidade da previsão”. Isso reforça o fato de que é importante ter como base dados de qualidade, que garantirão uma previsão mais precisa e que irá gerar melhores resultados.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho pode ser dividida em três etapas:

i) Coleta de dados;
ii) Cálculo da previsão;
iii) Comparação dos resultados obtidos com o resultado real de vendas.

A coleta de dados ocorreu por intermédio do setor vendas de uma indústria de alimentos localizada no estado do Rio Grande do Sul. Foi possível coletar um histórico de dados de venda de 26 meses: de abril/2015 a maio/2017. Segundo Lustosa et al (2008) nem sempre as vendas equivalem à demanda de um produto, pois há fatores como o

estoque que precisam ser levados em conta para calcular a necessidade real. No entanto, este trabalho foi realizado apenas considerando o histórico de vendas para concretizar os cálculos, devido à disponibilidade de dados ofertados.

Com a obtenção de dados, deu-se início à etapa de cálculos. Primeiramente, foi gerado um gráfico de barras, a fim de analisar a demanda do produto em questão. Para manter a confidencialidade da empresa, o produto será tratado como "Produto A". A Fig. 3 apresenta o gráfico gerado pelos autores.

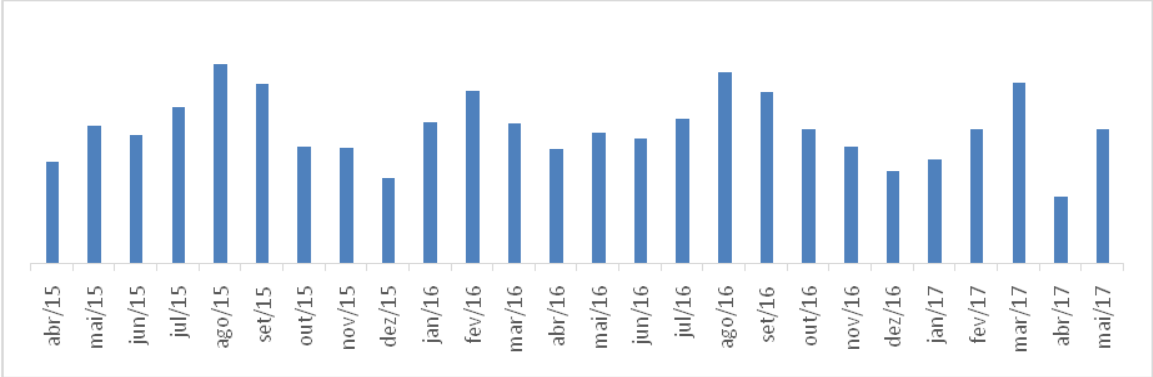


Figura 3: Histórico de vendas do Produto A

Como pode ser visto no gráfico acima, o produto em estudo apresenta características de demanda sazonal. A sazonalidade do mesmo ocorre entre os meses de abril a dezembro e de dezembro a abril. Esses períodos são chamados de ciclos de sazonalidade, cuja divisão está expressa de forma mais detalhada na Fig. 4.

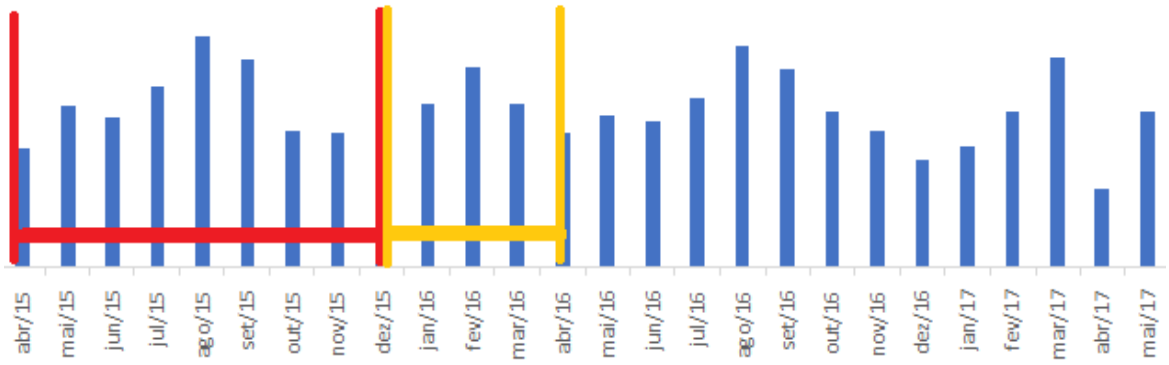


Figura 4: Ciclos de sazonalidade

De acordo com informações obtidas com funcionários da empresa, nos meses de abril e outubro acontece a atualização dos preços dos produtos, ou seja, o preço aumenta. Esse é um dos fatores que implica no aumento de vendas nos meses que antecedem essa mudança de preço e na queda de vendas nos meses seguintes: os compradores acabam comprando o máximo possível, de forma a lotar seus estoques para aproveitar o preço antigo dos produtos. Este tipo de ocorrência deve sempre ser levado em conta ao realizar cálculos de previsão da demanda, pois é um comportamento típico do mercado e varia de acordo com o ramo em que a empresa atua.

3.1 Método da sazonalidade simples

O método da sazonalidade simples foi um dos métodos abordados no ensino da disciplina de Planejamento, Programação e Controle da Produção do curso de Engenharia de Produção da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Essa técnica de previsão consiste em obter o índice de sazonalidade (IS) para cada um dos períodos da série e aplicá-los em cima da previsão da média em cada um desses períodos (RODRIGUES, ARGENTON E PRUDENCIATO, 2008).

Segundo Tubino (2000), o índice de sazonalidade é obtido dividindo-se o valor da demanda no período pela média móvel centrada (MMC) neste período. Deste modo, foi realizado o cálculo do MMC e do IS para cada ciclo de acordo com a demanda dos dados obtidos no histórico. A Fig. 5 ilustra novamente como ficou a divisão por ciclos.

2015									2016										2017				
CICLO 1									CICLO 2			CICLO 3									CICLO 4			CICLO 5	
ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI

Figura 5: Divisão por ciclos e por ano

Obtidos os índices de sazonalidade para os períodos do ciclo sazonal da série, a previsão da demanda com sazonalidade simples consiste em reaplicar o índice sazonal do período a ser previsto sobre a demanda média (RODRIGUES, ARGENTON E PRUDENCIATO, 2008). Isso é feito multiplicando os dois valores, obtendo-se a previsão.

4. RESULTADOS

Conforme descrito anteriormente, foram realizados os cálculos de previsão da demanda pelo método de sazonalidade simples, resultando na previsão para o mês de junho do ano de 2017. O resultado obtido através dos cálculos indicou uma previsão de vendas de 187640 kg do Produto A.

Durante o mês de junho foi então o acompanhamento das vendas do Produto A, para que fosse possível comparar o resultado real com o resultado obtido com a utilização do método. A primeira quinzena do mês foi um período de poucas vendas, mas a segunda quinzena obteve um crescimento expressivo do volume vendido. Ao findar o mês, o volume de vendas do produto totalizou 176188 kg. Comparando-se os resultados, verificou-se um erro de -11452 kg na previsão, indicando que mais de 11 toneladas a menos do produto A seriam produzidas no mês caso a previsão fosse seguida.

A fim de obter um erro médio e complementar a validação do método, os cálculos que haviam sido realizados para o mês de junho foram também realizados para os meses de Janeiro a maio de 2017. O erro médio foi obtido através de uma média aritmética entre os erros resultantes dos meses de janeiro a maio. O erro é calculado pela subtração entre o resultado real e o resultado calculado. Abaixo, a Fig. 6 apresenta o resultado do erro de cada um dos meses e também o erro médio calculado.

Ano	Mês	Erro
2017	jan	-19300
	fev	-18582
	mar	37882
	abr	-61867
	mai	-398
	jun	-11452
Erro médio		**-12286**

Figura 6: Erro mensal e erro médio anual

Conforme expresso na Fig. 4, o erro médio anual foi de -12286kg de produto. Entretanto, é importante destacar o resultado do mês de maio, cujo erro foi de apenas 398 kg a menos, número que pode ser considerado excelente para previsão.

5. CONCLUSÃO

Através da realização deste trabalho, foi possível compreender a importância do planejamento da produção e identificar parte das dificuldades enfrentadas pelas empresas para calcular a demanda de seus produtos e/ou matérias primas, tendo em vista a elevada oscilação da demanda advinda da fragilidade econômica do país. Apesar de o segmento alimentício ser menos impactado pela crise econômica que os demais segmentos industriais, ele também possui muita oscilação em suas vendas, o que dificulta a precisão dos cálculos e a realização de uma previsão assertiva.

Realizar a análise da demanda foi uma tarefa de fato complexa, pois os cases encontrados na literatura são muito diferentes da realidade atual vivenciada pelas indústrias. Um fator que realmente faz diferença para prever a demanda é o conhecimento do mercado, que durante este trabalho foi caracterizado pelos funcionários da empresa em estudo. Aliado a isso, a abertura da empresa no que refere ao repasse de conhecimento e de informações foi essencial, visto que

a amplitude dos dados fornecidos permitiu visualizar e identificar mais facilmente o tipo da demanda, além de oferecer uma visão das oscilações do mercado do tipo de produto em questão.

Quanto aos objetivos do trabalho, todos foram alcançados, pois apesar de os resultados não terem sido tão satisfatórios quanto seria desejável, foi possível comprovar a aplicabilidade do método. Vale destacar que o erro médio calculado no caso estudado teve influência do péssimo resultado de vendas obtido no mês de abril, considerado pela empresa um "ponto fora da curva" em seu volume de vendas, mas que trouxe ao estudo a agregação de valor desejada no que se refere à demonstração da realidade empresarial.

6. REFERÊNCIAS

ADMINISTRA BRASIL. Previsão de demanda. 2017. Disponível em: <http://administrabrasil.com.br/wp-content/uploads/2015/11/PREVIS%C3%83O-DE-DEMANDA1.pdf>. Acesso em 04 de maio de 2017.

CAVALHEIRO, Darlene. Método de Previsão da Demanda Aplicada ao Planejamento de Produção de Indústrias de Alimentos. 2003. 130 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/85516>. Acesso em 16 de junho de 2017.

CORRÊA, C. A.; CORRÊA, H. L. Administração de Produção e Operações – Manufatura e Serviços: Uma Abordagem Estratégica. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.

FURTADO, Maurício Rocha. Aplicação de um Modelo de Previsão da Demanda Total nos Credenciados Belgo Pronto. 2006. 32 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2006_3_Mauricio.pdf>. Acesso em 02 de julho de 2017.

LUSTOSA, Leonardo et al. Planejamento e Controle da Produção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MANCUZO, Fernando. Análise e Previsão de Demanda: um Estudo de Caso em uma Empresa Distribuidora de Rolamentos. 2003. 142 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia – Ênfase Logística). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/Fernando%20Mancuzo.pdf>. Acesso em 04 de maio de 2017.

MEDEIROS, Ricardo Mesquita. Comunidade ADM: a escolha de uma previsão da demanda. 2012. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/a-escolha-de-uma-previsao-de-demanda/63040/>. Acesso em 20 de junho de 2017.

RODRIGUES, J. S.; ARGENTON, M. A.; PRUDENCIATO, W. Desenvolvimento de um modelo de previsão da demanda em uma empresa moveleira de pequeno porte. 2008.

SLACK, N.; CHAMBER, S.; HARLAND, C. HARRISON, A.; JOHNSTON, R.; Administração da Produção. – 2ª ed. - São Paulo: Atlas, 2007.

TUBINO, D. F. Manual de Planejamento e Controle da Produção. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VERÍSSIMO, A. J. et al. Métodos estatísticos de suavizaão exponencial hotwinters para previsão de demanda em uma empresa do setor metal mecânico. **Revista Gestão Industrial.** V. 08, n. 04. 2012. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa, Paraná, 2012. Disponível em: < https://revistas.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/1378>. Acesso em 21 de setembro de 2017.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

APLICAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL EM UMA PEQUENA EMPRESA DE CONFECÇÕES EM ERECHIM-RS.

Felipe Junior Sgarbi
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
felipejsgarbi@hotmail.com

Kássia Raquel de Almeida
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
kassiar.dealmeida@gmail.com

Merielen Fátima Caramori
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
merielen@uricer.edu.br

Resumo: *Neste trabalho, apresenta-se resultados de uma pesquisa de Iniciação Científica intitulada como Pesquisa Operacional: um estudo voltado para a formação do Engenheiro de Produção. Esta pesquisa apresentou-se como uma possibilidade para aprofundar estudos sobre a aplicabilidade da Pesquisa Operacional (PO), com a utilização da ferramenta Solver da Planilha Excel. Com essa iniciativa, tornou-se possível desenvolver uma proposta prática para a tomada de decisões em uma empresa de pequeno porte, na cidade de Erechim-RS, que atua no ramo de confecções de roupas íntimas. A coleta de dados, ocorreu com a aplicação de um questionário que diagnosticou dentre outras coisas, uma dificuldade em controlar a produção de quatro modelos de calcinhas (Fio duplo, Algodão, Fio tradicional e String), a fim de obter um lucro máximo. Com base nos recursos oferecidos pelo Solver da Planilha Excel, concluiu-se que a empresa deve produzir um total de 480 unidades, das quais 196 deverão ser do modelo Fio duplo, que apresenta o maior lucro unitário. Dos demais modelos a empresa deve se deter a produção demandada, visto que estes modelos apresentam lucro unitário inferior ao modelo Fio duplo.*

Palavras-chave: *Pesquisa Operacional, Engenharia de Produção, Solver, Planilha Excel.*

1. INTRODUCÃO

A expressão "Pesquisa Operacional" segundo Andrade (2004), passou a ser utilizada, inicialmente na Segunda Guerra Mundial, na intenção de desenvolver métodos para resolver problemas de operações militares. Este autor afirma ainda, que o sucesso dessas aplicações levou o mundo acadêmico e empresarial a fazer uso das técnicas criadas a fim de solucionar problemas oriundos da administração.

O contato inicial dos alunos com a PO, geralmente ocorre durante o estudo das disciplinas de formação profissional da Engenharia de Produção, servindo como base de conhecimento durante o curso, mas sendo muitas vezes reduzido a operações matemáticas. Isso faz com que o acadêmico nem sempre consiga visualizar a abrangência do conteúdo e sua aplicabilidade real no cotidiano das empresas. A respeito disso, concorda-se com Mello e Mello (2003) quando afirmam que a correção deste equívoco tornaria a PO uma excelente disciplina de ligação entre o básico e profissional, uma disciplina integradora.

Esta visão representa um desafio às novas exigências de profissionais, visto que é uma oportunidade de o aluno aplicar conhecimentos das disciplinas básicas na solução de problemas do cotidiano empresarial. Sendo assim, buscou-se com essa pesquisa compreender algumas das contribuições da PO na Engenharia de Produção e explorar seus recursos a fim de aplicá-los na solução de situações reais, através da ferramenta Solver da Planilha Excel.

Com este objetivo, realizou-se um diagnóstico em uma empresa de pequeno porte, que atua no ramo de confecções de roupas íntimas, localizada na cidade de Erechim-RS, para verificar de que maneira ocorre a tomada de decisões financeiras, de processos e produtos, e se para isso, utilizam as ferramentas da Planilha Excel e da Pesquisa Operacional. Com base nisso, apresentou-se à empresa investigada uma proposta prática para maximização dos seus lucros utilizando os recursos que foram estudados na revisão bibliográfica da pesquisa, os quais serão melhor detalhados na sequência deste artigo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Pesquisa Operacional: seu estudo e aplicação

Hillier e Liberman (2010) destacam que o trabalho com a Pesquisa Operacional envolve o estudo sobre as operações em uma organização. Nesse sentido, Barão, Kripka, M. e Kripka R. (2008), salientam que o principal objetivo da Pesquisa Operacional é a abordagem científica de resolução de problemas reais, através da qual se busca a otimização de recursos disponíveis, visando dar apoio à tomada de decisões.

Assim, pode-se destacar a importância da Pesquisa Operacional na solução de problemas, a qual, segundo Andrade (2004), faz uso de modelos, como uma abordagem que permite a "experimentação", e a possibilidade de uma tomada de decisão ser bem avaliada e testada antes de ser implementada.

Dessa forma, a Planilha Excel se apresenta como um recurso computacional que possibilita a construção de modelos matemáticos. Segundo Leme (2007) modelo matemático é uma forma de representação da realidade através de fórmulas matemáticas. O autor afirma ainda que a Planilha Excel permite a validação do modelo pelo confronto dos resultados obtidos com a realidade ou situação-problema que o gerou.

Ainda em concordância com Leme (2007), entende-se que a possibilidade de combinar texto e cálculo permite a descrição dos dados extraídos de um problema e a implementação de diferentes estratégias de resolução. Neste sentido, o Solver da Planilha Excel, de acordo com Júnior e Souza (2004), faz parte de um conjunto de programas, algumas vezes chamado de ferramentas de análise hipotética, onde se pode localizar um valor ideal para uma fórmula em uma célula ou para um grupo de células relacionadas direta ou indiretamente com a fórmula na célula de destino. Ainda segundo os autores, o Solver ajusta valores nas células variáveis para produzir o resultado especificado, e torna possível aplicar restrições para empregar no modelo ou em outras células que interfiram na fórmula da célula de destino.

Sendo assim, percebe-se a gama de possibilidades que um recurso como este pode oferecer para a modelagem de situações reais e juntamente com a Pesquisa Operacional ser útil para a tomada de decisões de uma organização.

A tomada de decisão pode ser compreendida como o processo de identificar um problema ou uma oportunidade e selecionar uma linha de ação para resolvê-lo (Lachtermacher, 2016). Ainda segundo Lachtermacher (2016), um problema ocorre quando o estado atual de uma situação é diferente do estado desejado e uma oportunidade ocorre quando as circunstâncias oferecem a chance de o indivíduo ultrapassar seus objetivos e/ou metas.

A seguir, apresenta-se a metodologia empregada e os resultados encontrados no desenvolvimento da pesquisa citada anteriormente.

3. METODOLOGIA

Inicialmente fez-se uma revisão bibliográfica sobre o surgimento da PO e sua aplicabilidade na tomada de decisões das organizações, a qual permitiu explorar os recursos da PO no sentido de conhecer sua origem e sua aplicação na área da Engenharia de Produção.

Num segundo momento, buscou-se conhecer como ocorre a tomada de decisões financeiras, de processos e de fabricação de produtos em uma empresa de pequeno porte da cidade de Erechim-RS, com a realização de visitas e aplicação de um questionário. A empresa atua no ramo de confecções de roupas íntimas e por motivos éticos, não iremos divulgar o seu nome, visto que a mesma pertence a um membro da família dos pesquisadores, motivo este que facilitou a obtenção de dados reais, sem qualquer constrangimento. Segundo os proprietários, esta empresa iniciou suas atividades em março de 1998 e desde então trabalha focada no cliente, realizando criteriosa seleção de matéria prima e acompanhando os melhores padrões de design e qualidade, sempre prezando pela satisfação do público consumidor, a "mulher".

Os dados obtidos, a partir do questionário, mostram que os proprietários não têm conhecimento sobre PO e seus recursos. Relataram também que já fizeram cursos referente a *Mark-up*, custo de processos, inclusão de impostos no preço final, layout e oficina gerencial, acreditando que os mesmos se tratavam de PO. Com relação a utilização da Planilha Excel, declararam que a empregam apenas para a formação do preço de venda. Observou-se também que não fazem uso de softwares para o controle financeiro e que o controle da produção é feito manualmente, no momento do corte das peças, visto que a demanda não é expressiva.

Durante a coleta dos dados, os proprietários relataram ter dificuldade em controlar a produção de quatro modelos de calcinhas, afim de obter um lucro máximo. Para auxiliá-los neste sentido, apresentou-se uma proposta prática de aplicação da Pesquisa Operacional com o auxílio dos recursos da ferramenta Solver da Planilha Excel. A proposta elaborada seguiu a sequência de passos indicada no fluxograma a seguir, de acordo com Andrade (2004, p.8).

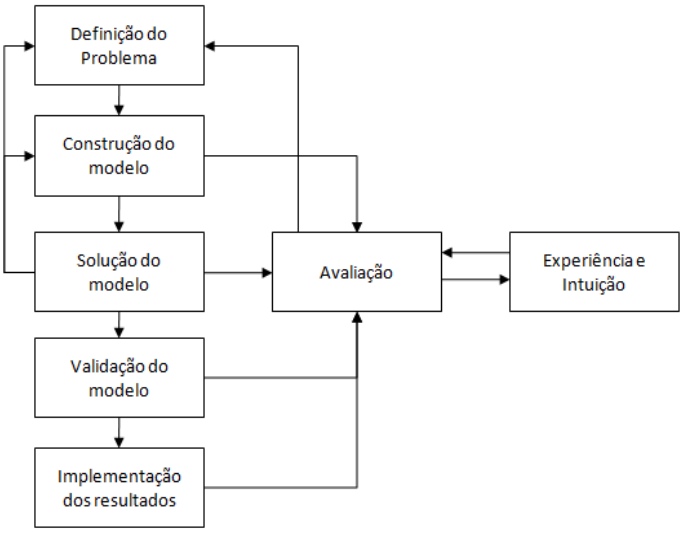


Figura 1. Fases de um estudo de Pesquisa Operacional

As vantagens de se fazer uso de um modelo, segundo Andreolla e Kripka (2010) é que o mesmo pode ser modificado, aprimorado ou substituído sempre que houver necessidade. Neste sentido, é importante buscar modelos que nos auxiliem na identificação e compreensão do problema, para tornar o trabalho mais visual e prático.

Como demonstração da utilidade de modelos para solução de situações reais, apresenta-se na sequência o problema e a resolução do mesmo por meio do modelo da Caixa-preta. De acordo com Lachtermacher (2016), fazer uso desse tipo de modelo é a maneira mais simples de representar um modelo simbólico, pois este, apesar de não resolver a questão em si, facilita o entendimento e a organização das informações.

3.1 Descrição do problema e resultados

A empresa em estudo trabalha com diversos tipos de lingerie, onde cada produto possui a sua matéria prima específica e planejamento de produção. Porém os proprietários relataram ter dificuldade em controlar a produção, afim de obter um lucro máximo, em quatro modelos de calcinhas: Fio duplo, Algodão, Fio tradicional e *String*.

Para auxiliar a empresa neste sentido, fez-se um levantamento dos dados com o objetivo de apresentar uma proposta prática para estabelecer uma programação mensal de produção para estes modelos de calcinhas.

A empresa trabalha com uma demanda média mensal, de 40 unidades de Fio duplo, 239 unidades de Algodão, 20 unidades de Fio tradicional e 25 unidades de *String*. Para a confecção destes modelos, são necessários cinco recursos: microfibra, algodão, forro, viés e mão de obra, para os quais a empresa apresenta uma disponibilidade mensal, conforme observa-se na Tab.1.

Tabela 1. Disponibilidade de recursos

Recurso	Disponibilidade
Algodão (gramas) /mês	30.000
Microfibra (gramas) /mês	30.000
Forro (gramas) /mês	2.000
Viés (gramas) /mês	10.000
Mão de Obra (minutos) /mês	1.800

As quantidades de recursos necessários para confeccionar cada modelo de calcinha, estão representadas na Tab.2.

Tabela 2. Disponibilidade de matéria prima e mão de obra

Modelo	Algodão (gramas)	Microfibra (gramas)	Forro (gramas)	Viés (gramas)	Mão de Obra (minutos)
Fio duplo	-	32	2	6	8,5
Algodão	16	-	2	6	6,6
Fio tradicional	-	25	2	6	8,6
String	-	20	2	6	7,4

O custo unitário de cada recurso utilizado está listado na Tab.3.

Tabela 3. Custo unitário dos recursos utilizados

Recurso	Custo unitário (R$)
Algodão (grama)	0,032
Microfibra (grama)	0,052
Forro (grama)	0,023
Viés (grama)	0,044
Mão de Obra (minuto)	0,13

De posse dos dados coletados na empresa, obteve-se o custo para cada unidade produzida, o preço de venda de cada modelo comercializado na loja, bem como o lucro que cada peça retorna para a empresa. Esses resultados estão organizados na Tab.4.

Tabela 4. Custo de produção, preço de venda e lucro por unidade

Modelo	Custo por unidade (R$)	Preço por unidade (R$)	Lucro por unidade (R$)
Fio duplo	4,50	16,00	11,50
Algodão	3,00	9,00	6,00
Fio tradicional	4,00	14,00	10,00
String	4,00	10,00	6,00

3.2 Modelagem do problema

O modelo Caixa-preta elaborado para a solução do problema apresentado anteriormente, está representado na Fig.2.

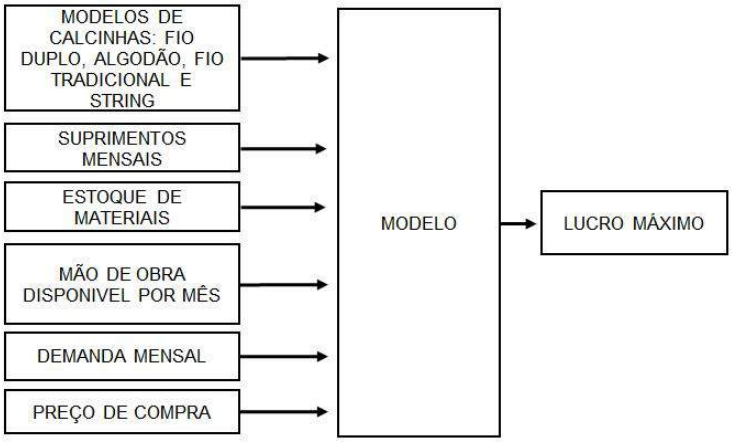


Figura 2. Modelo Caixa-preta do problema apresentado

Na Caixa-preta apresentada na Fig.2, no lado esquerdo estão listadas as variáveis que influenciam no resultado, o qual está situado no lado direito da caixa denominada “modelo”.

Com todos os dados obtidos, elaborou-se o modelo matemático, que está representado na Fig.3. Esses dados foram definidos como:

- **Variáveis de decisão:** neste problema, são as quantidades que devem ser produzidas, referente a cada modelo de calcinha;
- **Função-objetivo:** se dá pela multiplicação do lucro unitário pela quantidade produzida, de forma a maximizar esse lucro;
- **Restrições**: referem-se aos componentes (Algodão, Microfibra, Forro e Viés), a disponibilidade de matéria prima e mão de obra e à demanda. As quatro primeiras restrições são referentes às quantidades de matérias primas disponíveis mensalmente. A quinta restrição, é relativa ao tempo disponível para a fabricação de cada produto, e por fim as últimas restrições estão relacionadas a demanda prevista.

Variáveis de decisão	
x1 = Quantidade a ser produzido do modelo Fio duplo	
x2 = Quantidade a ser produzido do modelo Algodão	
x3 = Quantidade a ser produzido do modelo Fio tradicional	
x4 = Quantidade a ser produzido do modelo *String*	
Função objetivo:	
Maximizar Z = 11,50x1 + 6,00x2 + 10,00x3 + 6,00x4	(Lucro mensal)
Sujeito às Restrições:	
0x1 + 16x2 + 0x3x + 0x4 ≤ 30.000	(Algodão)
32x1 + 0x2 + 25x3 + 20x4 ≤ 30.000	(Microfibra)
2x1 + 2x2 + 2x3 + 2x4 ≤ 2.000	(Forro)
6x1 + 8x2 + 8x3 + 8x4 ≤ 10.000	(Viés)
8,5x1 + 6,6x2 + 8,6x3 + 7,36x4 ≤ 1.800	(Mão de obra)
x1 ≥ 40	(Demanda Fio duplo)
x2 ≥ 239	(Demanda Algodão)
x3 ≥ 20	(Demanda Fio tradicional)
x4 ≥ 25	(Demanda *String*)
Sendo:	
x1,x2,x3,x4 ≥ 0	(Não negatividade)

Figura 3. Modelo matemático

A modelagem do problema na Planilha Excel, está representada na Fig.4, onde a célula B5 refere-se à função-objetivo. Na coluna definida por LHS, são inseridas as fórmulas correspondentes as quantidades de componentes e horas de trabalho que serão utilizados para se obter uma solução ótima. Na coluna denominada como RHS, são introduzidas as quantidades de matérias-primas que são adquiridas durante o mês, a quantidade em minutos de mão-de-obra disponível e a demanda prevista. As células que representam as variáveis de decisão (B4, C4, D4 e E4), ficam em branco, pois é o Solver que as preenche com a quantidade a ser produzida.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Função**	**coeficiente de variaveis**						
2	**Objetivo**	**x1**	**x2**	**x3**	**x4**			
3	**Lucro unitário**	R$ 11,50	R$ 6,00	R$ 10,00	R$ 6,00			
4	**Variáveis de decisão**							
5	**Função objetivo**	R$ 0,00						
6								
7	**Restrições**	**Coeficientes de variáveis**						
8	Componente	**x1**	**x2**	**x3**	**x4**	**LHS**	**Condição**	**RHS**
9	Algodão (gramas)	0	16	0	0	0	≤	30.000
10	Microfibra (gramas)	32	0	25	20	0	≤	30.000
11	Forro (gramas)	2	2	2	2	0	≤	2.000
12	Viés (gramas)	6	8	8	8	0	≤	10.000
13	Mão de obra (minutos)	8,5	6,6	8,6	7,36	0	≤	1.800
14	Demanda fio duplo (unidade)	1	0	0	0	0	≥	40
15	Demanda algodão (unidade)	0	1	0	0	0	≥	239
16	Demanda Fio tradicional (unidade)	0	0	1	0	0	≥	20
17	Demanda String (unidade)	0	0	0	1	0	≥	25

Figura 4. Definição das equações do problema

Com todos os dados do problema inseridos na Planilha Excel, utilizou-se a ferramenta Solver para calcular o resultado do problema, considerando as restrições impostas. Dessa forma, obteve-se a quantidade a ser produzida, a quantidade de recursos que será gasta em cada modelo de calcinha e o lucro máximo, os quais podem ser observados na Fig.5.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Função**	**coeficiente de variaveis**						
2	**Objetivo**	**x1**	**x2**	**x3**	**x4**			
3	**Lucro unitário**	R$ 11,50	R$ 6,00	R$ 10,00	R$ 6,00			
4	**Variáveis de decisão**	196	239	20	25			
5	**Função objetivo**	R$ 4.038,81						
6								
7	**Restrições**	**Coeficientes de variáveis**						
8	Componente	**x1**	**x2**	**x3**	**x4**	**LHS**	**Condição**	**RHS**
9	Algodão (gramas)	0	16	0	0	3.824,00	≤	30.000
10	Microfibra (gramas)	32	0	25	20	7.274,26	≤	30.000
11	Forro (gramas)	2	2	2	2	960,14	≤	2.000
12	Viés (gramas)	6	8	8	8	3.448,42	≤	10.000
13	Mão de obra (minutos)	4,25	3,3	4,3	3,68	1.800,00	≤	1.800
14	Demanda Fio duplo (unidade)	1	0	0	0	196,07	≥	40
15	Demanda Algodão (unidade)	0	1	0	0	239,00	≥	239
16	Demanda Fio tradicional (unidade)	0	0	1	0	20,00	≥	20
17	Demanda String (unidade)	0	0	0	1	25,00	≥	25

Figura 5. Resultados obtidos através do Solver

4. CONCLUSÕES

O estudo realizado, possibilitou perceber que a PO possui ampla aplicabilidade, podendo ser utilizada na resolução de diversos tipos de problemas, inclusive nos relacionados à área de Engenharia de Produção, com ênfase na otimização de recursos e redução de custos.

Analisando os dados obtidos, pode-se inferir que para maximizar o lucro a empresa deve produzir 196 unidades do modelo Fio duplo e para os demais modelos a mesma deve produzir somente a quantidade demandada. Sendo assim, o lucro máximo obtido será de R$4.038,81, com uma produção mensal total de 480 unidades de calcinhas. Observou-se também que todo o tempo disponível de mão de obra foi gasto, com uma sobra significativa de matéria-prima que será utilizada para confeccionar outros modelos de produtos que não foram considerados neste estudo. Ao apresentar esses resultados à empresa, os proprietários afirmaram que o modelo proposto pode auxiliar de forma significativa no planejamento da linha de produção, bem como, propiciar uma melhoria nos resultados financeiros.

Essa pesquisa serviu como um primeiro passo rumo a intenção de futuramente criar no Campus da Uri de Erechim/RS, um centro de consultoria acadêmica de PO, destinado a prestar atendimento a empresas de pequeno porte, ampliando o estudo da PO de forma a considerar uma gama maior de produtos, e desta forma, contribuir com a formação profissional dos acadêmicos do curso de Engenharia de Produção.

5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

ANDREOLLA, L; KRIPKA, R. M. L. Otimização de roteiros para o setor de vigilância da Universidade de Passo Fundo. CIATEC – UPF, Passo Fundo, RS, v. 2, n. 2, p. 46-61, 2010. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/ciatec/article/view/1892>. Acesso em 30 de dez. 2016.

BARÃO, F. R; KRIPKA, M; KRIPKA, R. M. L. Utilização de ferramentas de pesquisa operacional no suporte às tomadas de decisão na administração pública – proposta de modelagem para coleta seletiva no município de Passo Fundo – RS. Teoria e Evidência Econômica, Ano 14, n. 31, p. 41-62, jul./dez. 2008. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/237101875_Utilizacao_de_ferramentas_de_pesquisa_operacional_no_suporte_as_tomadas_de_decisao_na_administracao_publica_proposta_de_modelagem_para_coleta_seletiva_no_municipio_de_Passo_Fundo_-_RS>.

HILLIER, F.S; LIEBERMAN, G. J. Introdução à pesquisa operacional. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.

JÚNIOR, A. C. G.; SOUZA, M. J. F. Solver (Excel): manual de referência. 2004, 22f.. Universidade Federal de Ouro Preto, 2004. Disponível em:<http://www.rodrigofernandez.com.br/ecomp/ref/manual_solver.pdf>.

LACHTEMACHER, Gerson. Pesquisa Operacional na tomada de decisões – Modelagem em Excel. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LEME, N. D. O ensino-aprendizagem de matemática financeira utilizando ferramentas computacionais: uma abordagem construcionista. 2007. 199f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <http:www.pucsp.br/pos/edmat/ma/dissertaçao_nelson_dias_leme.pdf>.

MELLO, J. C. C B. S.; MELLO, M. H. S. Integração entre o ensino de Cálculo e Pesquisa Operacional In Revista Produção, v 13, n. 2, 2003. Disponível em:< http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132003000200012&lng=pt&nrm=iso&gt >.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DE TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE NUTRIÇÃO ANIMAL

Andressa Maria Giaretton
Cleber Serafin Lopes
Julia Maria Burin
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI de Erechim
andressa_giaretton@hotmail.com
cleberlopes@uricer.edu.br
juliam.burin@gmail.com

Resumo. *Este artigo apresenta um estudo de várias técnicas para realizar uma previsão de demanda, com vista à elaboração de uma metodologia capaz de auxiliar a tomada de decisões no meio industrial. Para tanto, são apresentados os principais modelos estatísticos de previsão, os quais são capazes de projetar no futuro padrões e tendências observadas em demandas passadas. Um estudo de caso, realizado em uma indústria do ramo de organizações de ambiente de trabalho, faz a integração das técnicas e procedimentos apresentados, e através da análise de erro, identifica-se qual a previsão de demanda melhor se aplica a mesma.*

Palavras-chave: *previsão de demanda, tomada de decisão, indústria*

1.INTRODUÇÃO

Nos dias atuais a concorrência entre as empresas estpa aumentando cada vez mais, devido principalmente ao desenvolvimento tecnológico. Devido a esse motivo as empresas estão buscando cada vez mais métodos que as auxiliem no seu ramo de negócio, buscando assim uma maior assertividade em suas decisões, que geralmente diz respeito a produção, estoque e vendas. Os métodos de previsões podem ajudar a empresa a alcançar este objetivo, proporcionando várias formas de se prever o que a empresa está buscando.

Segundo Oliveira e De Lima (2016), a previsão é uma ciência em que usa o histórico de dados e relacionamento entre várias variáveis e através da matemática e estatística gera uma série de informações que vão passer por outras analises até a sua conclusão. Veiga e Duclós (2010) afirmam que uma boa previsão de demanda pode proporcionar à empresa uma vantagem competitiva, visto que sua utilização auxilia na tomada de decisão, no entanto, por se tratar de uma ferramenta gerencial e lidar com projeções, seu resultado nem sempre é exato.

Dentro deste contexto, será estudado e aplicado o melhor método de previsão para o consumo diário do farelo de soja da empresa GPR Nutrição Animal, afim de entender qual o comportamento da demanda.

2. MODELOS DE PREVISÕES

Segundo Erdmann (2000), uma eficiente previsão de demanda combina métodos quantitativos e métodos qualitativos, a combinação de ambos os resultados representa uma melhor avaliação do mercado potencial. Na elaboração de um método de previsão de demanda é necessário analisar os dados históricos e supor que algumas tendências irão se repetir no futuro.

2.1.Média Móvel Simples

De acordo com Morettin e Toloi (2004) a denominação de média móvel simples é dada pelo princípio de que a cada espaço de tempo a última observação será utilizada para substituir sua antecessora. Segundo Rasgadade (2009) o método de média móvel simples pode ser considerado um dos mais fáceis de ser aplicado devido a simples compreensão dos elementos estacionários.

2.2. Média Móvel Ponderada

A média móvel ponderada é uma variação da média móvel simples, consiste em ponderar a importância dos períodos da previsão atribuindo-lhes pesos diferentes, geralmente com pesos maiores aos dados mais recentes (TUBINO, 2009).

2.3. Média Exponencial Móvel

Para Ballou (2006), a técnica da exponencial móvel é, provavelmente, a melhor técnica de previsão quando se fala em curto prazo. Além disso, necessita de um mínimo de dados históricos para a aplicação, tornando-se também um método simples.

2.4. Média Móvel com Suavização Exponencial

Conforme Peinado e Graeml (2007), a previsão de demanda baseado na Média Móvel com Suavização Exponencial é uma variação da Média Móvel Ponderada que deve ser aplicado apenas para demandas que não apresentem tendência nem sazonalidade.

Adota-se um peso de ponderação que se eleva exponencialmente quanto mais recentes são os períodos.

2.5. Previsão com Tendência

Tendência refere-se ao movimento gradual de longo prazo da demanda, o qual confere à demanda uma tendência a crescer ou decrescer com o tempo. A demanda pode também ser estacionária, só variando em torno da média (MOREIRA, 2001). Segundo Davis et al. (2001), as linhas de tendência são, normalmente, o ponto de partida no desenvolvimento de uma previsão.

2.6. Sazonalidade com Tendência

Morettin e Toloi (1987) afirmam que o componente sazonal também recebe o nome de componente anual ou estacional, e aparece quando as observações são interanuais, ou seja, registradas mensal, trimestral ou semanalmente. Ocorre quando a amplitude da variação sazonal é constante ao longo do tempo.

Em uma série plotada graficamente, parte do efeito em formato de “dente de serra” pode ser atribuído ao efeito sazonal.

Para calcular a Previsão com Sazonalidade Simples, deve-se:

1. Identificar o ciclo sazonal;
2. Calcular a média móvel do ciclo sazonal dividindo-se o total de períodos;
3. Calcular o Índice de sazonalidade, dividindo-se o valor da demanda no período pela Média Móvel do ciclo sazonal;
4. Estima-se a demanda para o próximo ciclo sazonal;
5. Calcula-se a média móvel do ciclo sazonal;
6. Calcula-se a previsão do período multiplicando a MMCS pelo IS;

3. ESTUDO DE CASO

Para aplicar as técnicas de previsão de demanda foi realizado um estudo de caso na empresa GPR Nutrição Animal, a qual se localiza na cidade de Erechim no estado do Rio Grande do Sul. A empresa possui um quadro total de 43 funcionários. Produz uma vasta linha de rações e sais minerais com composição balanceada para cada tipo de criação, com produtos de alta qualidade, seguindo rigorosas normas do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

O motivo que determinou a escolha da empresa foi o fato de uma das autoras do artigo, fazer parte da mesma.

4. METODOLOGIA E MÉTODOS

Os dados do consumo da mátria prima utilizada para este estudo foram retirados do banco de dados do sistema SISPROD, utilizado na produção de rações, o qual passa a ser registrado em uma planilha juntamente com o histórico das demais matéria primas. A demanda é diária e correspondente ao período de abril e maio de 2017.

A proposta é de minimizar o nível de estoque diário do farelo de soja, através da utilização de um método consistente de previsão, afim de manter uma quantia diária aproximada do consumo de matéria prima. Com essa antecipação de dados futuros, seria possível um melhor dimensionamento do consumo produtivo responsável por atender parte da matéria prima consumida. Foi realizada uma análise dos dados e dos diversos métodos de previsão existentes na bibliografia e, assim, optou-se pela Sazonalidade com Tendência, pois está previsão possibilita a análise de dados em intervalos de tempo regulares, mas que possuem uma variação na demanda, possibilitando a conclusão que tem a melhor consistência e capacidade de previsão para o estudo proposto.

5. APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Partindo-se dos valores e análise no gráfico da Fig. 1, justificou-se a escolha pelo modelo de previsão de Sazonalidade com Tendência, pois os valores referentes ao consumo diário encontram-se dentro de intervalos regulares de tempo.

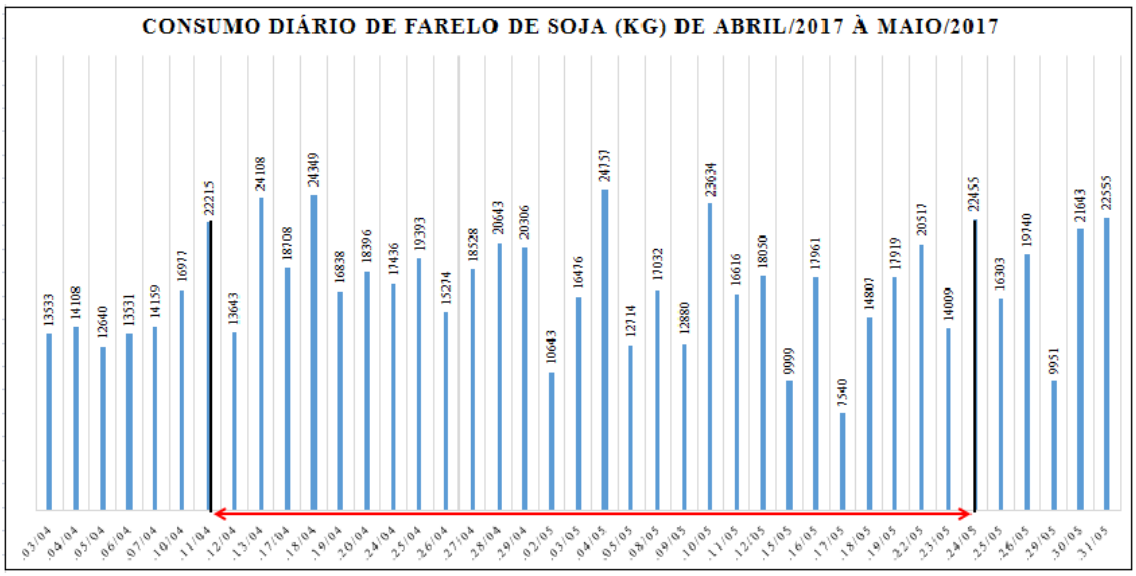


Figura 1: Gráfico do consumo diário de Farelo de Soja

Após identificado o Ciclo Sazonal obteve-se os dados para calcular a Média Móvel do Ciclo Sazonal e o índice de Sazonalidade, mostrados na Fig. 2, os quais foram calculados da seguinte forma:
Média Móvel do Ciclo Sazonal: ∑ Consumo(kg)/total de períodos → 527.846/30 dias = 17.594,87 kg
Índice de Sazonalidade: Divide-se o consumo do período pela Média Móvel do Ciclo Sazonal do mesmo período.

Abril/2017 à Maio/2017			
Períodos/2017	**Consumo (Kg)**	**Média Móvel do Ciclo Sazonal (Kg)**	**Índice de Sazonalidade**
.11/04	22.215	17.594,87	1,26
.12/04	13.643	17.594,87	0,78
.13/04	24.108	17.594,87	1,37
.17/04	18.708	17.594,87	1,06
.18/04	24.349	17.594,87	1,38
.19/04	16.838	17.594,87	0,96
.20/04	18.396	17.594,87	1,05
.24/04	17.436	17.594,87	0,99
.25/04	19.393	17.594,87	1,10
.26/04	15.274	17.594,87	0,87
.27/04	18.528	17.594,87	1,05
.28/04	20.643	17.594,87	1,17
.29/04	20.306	17.594,87	1,15
.02/05	10.643	17.594,87	0,60
.03/05	16.476	17.594,87	0,94
.04/05	24.757	17.594,87	1,41

.05/05	12.714	17.594,87	0,72
.08/05	17.032	17.594,87	0,97
.09/05	12.880	17.594,87	0,73
.10/05	23.634	17.594,87	1,34
.11/05	16.616	17.594,87	0,94
.12/05	18.050	17.594,87	1,03
.15/05	9.999	17.594,87	0,57
.16/05	17.961	17.594,87	1,02
.17/05	7.540	17.594,87	0,43
.18/05	14.807	17.594,87	0,84
.19/05	17.919	17.594,87	1,02
.22/05	20.517	17.594,87	1,17
.23/05	14.009	17.594,87	0,80
.24/05	22.455	17594,87	1,28
∑	**527.846**		

Figura 2: Consumo identificado no Período Sazonal

Calculou-se o consumo para o próximo Ciclo Sazonal, que também deve ser de 30 dias. Porém como a empresa deseja aumentar em 5% o seu consumo calculou-se esse aumento (26.392,30kg) em cima do consumo total identificado no Ciclo Sazonal anterior. Após isso, somou-se o consumo total identificado anteriormente (527,846kg) com o aumento dos 5% (26.392,30kg) demandando assim um consumo total para o próximo Ciclo Sazonal de 554.238,30kg. Com esses dados pôde-se calcular a nova Média Móvel do Ciclo Sazonal, a qual calcula-se dividindo o ∑ Consumo(kg)/total de períodos 554.238,30/30 dias = 18.474,61 kg.

Calculada a Média Móvel do Ciclo Sazonal, encontrou-se a nova Previsão de Consumo, mostrada na Fig. 3, para o período estipulado que deve ser calculada multiplicando-se o valor da nova Média Móvel do Ciclo Sazonal do primeiro período pelo Índice de Sazonalidade, encontrado na Fig. 2, do primeiro período, e assim por diante, até finalizar a tabela.

Maio/2017, Junho/2017 e Julho/2017		
Períodos/2017	**Previsão (Kg)**	**Média Móvel do Ciclo Sazonal (Kg)**
.25/05	23.325,75	18.474,61
.26/05	14.325,15	18.474,61
.29/05	25.313,40	18.474,61
.30/05	19.643,40	18.474,61
.31/05	25.566,45	18.474,61
01.06	17.679,90	18.474,61
.02/06	19.315,80	18.474,61
.05/06	18.307,80	18.474,61
.06/06	20.362,65	18.474,61
.07/06	16.037,70	18.474,61
.08/06	19.454,40	18.474,61
.09/06	21.675,15	18.474,61
.12/06	21.321,30	18.474,61
.13/06	11.175,15	18.474,61
.14/06	17.299,80	18.474,61
.15/06	25.994,85	18.474,61
.16/06	13.349,70	18.474,61
.19/06	17.883,60	18.474,61

.20/06	13.524,00	18.474,61
.21/06	24.815,70	18.474,61
.22/06	17.446,80	18.474,61
.23/06	18.952,50	18.474,61
.26/06	10.498,95	18.474,61
.27/06	18.859,05	18.474,61
.28/06	7.917,00	18.474,61
.29/06	15.547,35	18.474,61
.30/06	18.814,95	18.474,61
.03/07	21.542,85	18.474,61
.04/07	14.709,45	18.474,61
.05/07	23.577,75	18.474,61
∑	**554.238,30**	
	26.392,30	

Figura 3: Consumo para o próximo Ciclo Sazonal

Através da Fig. 4 pode-se perceber a diferença em Kg do consumo diário do Farelo de Soja, referente ao mesmo período. Isso se deve a vários fatores. Pois o farelo de soja é utilizado em diferentes porcentagem a cada tipo ração fabricada diariamente, e é onde ocorre essa oscilação de consumo diário.

Consumo real do Farelo de Soja em Kg de 2017		**Previsão do consumo de Farelo de Soja em Kg de 2017**		**Diferença entre o consumo real e a previsão**
Período	**Demanda**	**Período**	**Previsão**	**Diferença**
.25/05	16303	.25/05	23325,75	-7022,75
.26/05	19740	.26/05	14325,15	5414,85
.29/05	9951	.29/05	25313,4	-15362,4
.30/05	21643	.30/05	19643,4	1999,6
.31/05	22555	.31/05	25566,45	-3011,45
01.06	10273	01.06	17679,9	-7406,9
.02/06	21581	.02/06	19315,8	2265,2
.05/06	26146	.05/06	18307,8	7838,2
.06/06	18110	.06/06	20362,65	-2252,65
.07/06	11834	.07/06	16037,7	-4203,7
.08/06	17358	.08/06	19454,4	-2096,4
.09/06	20303	.09/06	21675,15	-1372,15
.12/06	21123	.12/06	21321,3	-198,3
.13/06	14447	.13/06	11175,15	3271,85
.14/06	17614	.14/06	17299,8	314,2
.15/06	9.863	.15/06	25994,85	-16131,85
.16/06	17138	.16/06	13349,7	3788,3
.19/06	30767	.19/06	17883,6	12883,4
.20/06	12343	.20/06	13524	-1181
.21/06	13957	.21/06	24815,7	-10858,7
.22/06	11229	.22/06	17446,8	-6217,8
.23/06	18858	.23/06	18952,5	-94,5
.26/06	16659	.26/06	10498,95	6160,05
.27/06	25981	.27/06	18859,05	7121,95
.28/06	12708	.28/06	7917	4791

.29/06	9916	.29/06	15547,35	-5631,35
.30/06	20753	.30/06	18814,95	1938,05
.03/07	8486	.03/07	21542,85	-13056,85
.04/07	20108	.04/07	14709,45	5398,55
.05/07	16392	.05/07	23577,75	-7185,75
TOTAL	**514139**		**554238,3**	**-40099,3**

Figura 4: Comparação do consumo real com a previsão

6. CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu adquirir um maior conhecimento dos diferentes Métodos de Previsão, possibilitando assim, a análise de qual Método melhor se enquadraria para resolver o problema proposto neste artigo. As técnicas analisadas foram: Média Móvel Simples; Média Móvel Ponderada; Média Exponencial Móvel; Média Móvel com Suavização Exponencial, Previsão com Tendência, Sazonalidade com Tendência, possibilitando assim a escolha adequada da melhor técnica para realizar o problema proposto pelo artigo.

A partir das analises realizadas nos dados coletados, optou-se pelo modelo de previsão de Sazonalidade com Tendência. O mesmo possibilita que os cálculos sejam feitos dentro de intervalos regulares de tempo, o qual se enquadra perfeitamente no caso estudado.

Desta forma, a partir das conclusões adquiridas com este trabalho, pode-se admitir que a principal causa de o consumo real não ter ocorrido conforme a previsão realizada, se deve ao fato de o farelo de soja ser utilizado em diferentes porcentagem a cada tipo ração fabricada diariamente, e é onde ocorre essa oscilação de consumo diário.

Pode-se concluir que pelo fato de ter ocorrido uma grande diferença diária entre a demanda real e a prevista, deve-se reanalisar qual outro método tornaria mais aproximado o consumo real com as próximas previsões.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEPRO. Análise de Técnicas de Previsão de Demanda: Um Estudo de Caso em uma Cerâmica. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_226_318_30525.pdf>. Acesso em 15 de junho de 2017.

ABEPRO. Gestão da Qualidade e Planejamento e Controle da Produção para avaliação da Gestão em um Bar Alternativo. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_226_318_29100.pdf>. Acesso em 15 de junho de 2017.

ADVFN. Disponível em: <https://br.advfn.com/educacional/analise-tecnica/media-movel-simples>. Acesso em 15 de junho de 2017.

BALLOU, R H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

DAVIS, M. M.; AQUALIANO, N. J.; CHASE, R. B. Fundamentos da administração da produção. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ERDMANN, R. Administração da produção: planejamento, programação e Controle. Florianópolis: Papa-livro, 2000.

VEIGA, C. R. P.; VEIGA, C. P.; DUCLÓS, L. C. A. Acurácia dos Modelos de Previsão de Demanda Como Fator Crítico para o Desempenho Financeiro na Industria de Alimentos. São Paulo. 2010.

GPR NUTRIÇÃO ANIMAL. Disponível em: <http://www.gprnutricaoanimal.com.br>. Acesso em 24 de junho de 2017.

MÉDIA MÓVEL SIMPLES. Disponível em: <https://br.advfn.com/educacional/analisetecnica/media-movel-simples>. Acesso em 15 de junho de 2017.

MOREIRA, D. M. Administração da produção e operações. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. Análise de Séries Temporais. 2.ed. São Paulo: Atual, 1987.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. Análise de Séries Temporais. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 2004.

OLIVEIRA, Pedro; DE LIMA, Vladimir. Previsão de Demanda: O básico que você precisa saber. 1.ed. São Paulo: Baraúna, 2016.

PEINADO, J. & GRAEML, A. R. Administração da Produção. Operações Industriais e de Serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.

UNIFEI. Combinação de Métodos de Séries Temporais para Previsão da Demanda de Café no Brasil. Disponível em: <http://saturno.unifei.edu.br/bim/0031728.pdf>. Acesso em 24 de junho de 2017.

RAGSDALE, C. T.Modelagem e Análise de Decisão. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

TUBINO, D. F. Planejamento e Controle da Produção. São Paulo. Atlas, 2009.

8. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA 5S EM UMA MICRO CERVEJARIA ARTESANAL

Rafaél Mezzalira[1]
URI Erechim, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000.
rafaelmezzalira01@gmail.com

Cleber Serfim Lopes[2]
URI Erechim, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000.
cleberlopes@uricer.edu.br.

Resumo. *Atualmente, com o comércio mundial bastante conectado e altamente competitivo, é crucial que as organizações utilizem um sistema de gestão industrial eficiente, e que este organize as atividades de forma simples, de tal maneira que torne o processo produtivo mais eficaz, visando a redução de custos e melhoria contínua. O ambiente de trabalho deve ser agradável, seguro e produtivo. Falhas neste aspecto, pode provocar redução na qualidade do produto e até mesmo na motivação dos colaboradores. A fim de melhorar estes processos será adotada a metodologia 5S. De certa forma esta metodologia é bastante simples, barata e gera resultados à curto prazo, porém é necessário um bom planejamento estratégico para sua aplicação seja qual for o tipo de organização. Este trabalho apresentará uma proposta de implementação da metodologia 5S em uma micro cervejaria artesanal. Primeiramente será elaborado um levantamento bibliográfico sobre a produção enxuta, que consiste em uma forma de pensar em um sistema de produção sem desperdícios, em que o sucesso da sua implantação depende de requisitos como a liderança, e demanda mudanças culturais profundas e abrangentes, além da necessidade da utilização de metodologias eficazes de controle do processo produtivo como um todo. Será apresentada uma análise sistemática das fragilidades da situação vivenciada e dos aspectos a serem melhorados. Por fim, serão apresentadas as melhorias aceitas pelo diretor da empresa no ambiente de trabalho.*

Palavras-Chave: *Lean Manufacturing, Melhoria Contínua, Produtividade, Desperdícios, Sistema Toyota De Produção, Metodologia 5S.*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Macedo (2002), atualmente a gestão da produtividade das empresas está se tornando cada vez mais crucial em um ambiente de crescente abertura para o mercado externo. Atualmente, sem produtividade ou sem a eficiência do processo produtivo, dificilmente uma empresa conseguirá ser bem-sucedida ou sobreviver no mercado atual. Devido ao acirramento da concorrência, a gestão da produtividade está se tornando um dos quesitos essenciais na formulação das estratégias de competitividade das empresas.

Para alcançar e manter níveis de excelência na produção dos produtos, é necessário um rígido controle de produção, com uma ampla gama de ações organizacionais. A falta dessas ações pode levar a prejuízos como atrasos na montagem e entrega, dificuldades de localização de peças, acidentes, além de danos físicos aos produtos, ou defeitos.

Existem diversas técnicas utilizadas para se conseguir um espaço de trabalho adequado, dentre elas destaca-se a metodologia 5S, ferramenta capaz de mudar a cultura da empresa, sempre prezando pela organização, limpeza e melhoria constante no ambiente de trabalho, visando proporcionar um lugar agradável, sem desperdício e mais produtivo a todos os usuários.

A metodologia 5S é geralmente apresentada como uma ferramenta cujo objetivo é a melhoria da aparência dos ambientes de trabalho. Contudo, além de se tratar como uma ferramenta de apoio, esta metodologia possui a missão de atingir, de uma forma lúdica, aspectos culturais da organização e, desta forma, estimular a evolução de pensamentos e comportamentos a níveis mais adequados, produtivos e úteis para a geração de um clima organizacional mais saudável.

Ohno (1997), ressalta que esta metodologia age de forma intensa, pois trabalha o "aprender fazendo" e, assim, tem um impacto muito mais expressivo na mudança do comportamento, além de poder ser usada, como modelo simplificado. É de baixo custo quando comparado com programas de gestão empresariais mais complexos e elaborados.

Seu foco principal é no combate ao desperdício, seja de tempo, de materiais ou na perda humana (temporária ou permanente). Pretende-se aqui relatar os conceitos do programa e vivenciá-lo na prática pela implementação em uma

micro cervejaria artesanal. O 5S é um processo educativo, é uma proposta de reeducação, de recuperação de práticas e valores frequentemente esquecidos, mas certamente conhecidos e prezados por todos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OS OITO DESPERDÍCIOS (MUDAS)

De acordo com Ohno (1997), perdas são atividades desnecessárias que geram custo e não agregam valor, e que portanto, devem ser eliminadas.

Existem sete categorias de perdas ou desperdícios, que foram elaborados por Taiichi Ohno (WOMACK e JONES 1996). Porém existe uma oitava perda, que é focada nas pessoas, ou seja, no desperdício de talento. (LIKER; MEIER, 2007).

Figura 1. Conceito das oito perdas.

A Figura 2, elaborada por Lopes (2011), lista as ferramentas *Lean* e sua atuação na eliminação dos desperdícios. Nota-se que a metodologia 5S apesar de simples, prova ser uma boa ferramenta para a eliminação de desperdícios, além de proporcionar uma mudança profunda na cultura da empresa.

	DESPERDÍCIOS ATACADOS						
FERRAMENTA LEAN	Superprodução	Estoques	Defeitos	Movimentação Desnecessária	Excesso de Processamento	Espera	Transporte
Setup Rápido *(SMED)*	X	X			X	X	
Kanban	X	X				X	X
Arranjo celular				X	X	X	X
Trabalho Padronizado			X	X	X	X	
5S			X	X	X		
À prova de erros *(Poka-Yoke)*			X		X		
Nivelamento da produção *(Heijunka)*	X	X				X	X
Controle visual do processo *(Andon)*	X	X		X		X	
Melhoria das atividades *(Kaizen)*	X	X	X	X	X	X	X
Manutenção autônoma *(TPM)*			X			X	
Mapeamento do Fluxo de Valor *(MFV)*	X	X			X	X	X

Figura 2. Atuação das ferramentas *Lean* nos desperdícios, (LOPES, 2011).

2.1 Metodologia 5S

Dos termos em inglês, "*Housekeeping*" é o termo que denomina o "programa" usado pelas famílias para colocar a casa em ordem. O *Housekeeping* é tradicional nas casas dos japoneses. É um programa de treinamento e princípios educacionais passado de geração em geração da infância à velhice. Após a II Guerra mundial, Kaoru Ishikawa em 1950 no Japão observou que essa tradição milenar poderia ser útil nas empresas e na economia do país como um todo.

Conforme Domingues (2011), o programa 5S é uma filosofia que objetiva a mudança de atitude das pessoas, contribuindo para mudança cultural necessária a melhoria e desenvolvimento de empresas, comunidades, nações e pode ainda ser aplicado na organização da vida pessoal. Seu âmbito de aplicação é amplo. O mesmo autor ainda ressalta que, o objetivo do programa está além da transformação do ambiente de trabalho, fazendo a diferença também na conscientização das pessoas, transformando ideias em atitudes, as melhorias são encontradas ao longo do programa e passam a refletir na melhoria de qualidade de vida dos funcionários.

Para Andrade (2002), tal programa fundamenta-se numa abordagem da melhoria da qualidade dos ambientes, atrelado a possíveis mudanças comportamentais em atitudes das pessoas, possibilitando um ambiente propício a obtenção da qualidade, uma vez que o ambiente é um fator preponderante no processo, na satisfação das pessoas (que realizam os processos) e, consequentemente no produto.

A metodologia 5S é uma ferramenta de simples aplicação, contudo difícil de respeitar, o sucesso desta depende do rigor e empenho de todos os níveis da organização. A base de toda esta adesão é o fato de estarmos perante um método simples, com conceitos eficazes e que proporcionam benefícios para as organizações.

As cinco etapas da metodologia 5S acima referidas são:

- ✓ 1ºS ***SEIRI*** – Senso de **Utilização.**
- ✓ 2ºS ***SEITON*** – Senso de **Ordenação.**
- ✓ 3ºS ***SEISO*** – Senso de **Limpeza.**
- ✓ 4ºS ***SEIKETSU*** – Senso de **Padronização.**
- ✓ 5ºS ***SHITSUKE*** – Senso de **Autodisciplina.**

3. METODOLOGIA

Esse projeto pode ser caracterizado como uma pesquisa bibliográfica, uma vez que apresenta conceitos e definições obtidos em literatura especializada. Também é considerado como uma pesquisa-ação, onde serão levantados dados dos possíveis problemas e a proposição de soluções por meio de técnicas e ferramentas da engenharia fundamentada na prática.

Para a segunda etapa deste projeto (Trabalho final de Curso), as propostas de melhorias foram apresentadas primeiramente para a direção da empresa, e somente após o aval do Diretor foi possível aplicar estas melhorias no ambiente de trabalho da empresa.

4. PESQUISA-AÇÃO

A Cervejaria Erechim Bier Ltda. foi inaugurada em 2016. Segundo os proprietários, até o momento da realização deste trabalho já foram investidos mais de R$ 3,3 milhões. Ela Produz a marca de Chopp 'Kosk', que é comercializado no norte do estado. A empresa produz mais de seis tipos de Chopp, a capacidade de produção máxima é de 40 mil litros semanais, porém a produção atual varia conforme a demanda do mercado.

4.1 Resultados – (Segunda Etapa do Projeto)

4.1.1 Alterações no layout

A Fig. 3 representa algumas alterações feitas no *layout* da empresa, como a alteração do setor de recepção dos clientes; criação da câmara de barris para resfriamento do chopp; criação da porta para saída de bagaço de malte.

A câmara de resfriamento de barris foi criada para se ter um estoque mínimo de chopp, e diminuir assim o *lead time*. Anteriormente quando não havia câmara fria, o cliente solicitava o barril, e a partir desta solicitação os operadores se deslocavam até os fermentadores no setor de produção, e enchiam barril por barril. Através deste método, criava-se um "gargalo" na venda do chopp, pois, além do *lead time* ser grande, os operadores ficavam a maior parte do tempo se deslocando entre a operação que estariam fazendo no momento e a nova solicitação de chopp do cliente. Logo, através do método anteriormente usado, pode-se citar pelo menos três defeitos, sendo eles: tempo de espera; movimentação desnecessária e transporte.

Outro defeito que pode-se destacar no método antigo (antes da câmara fria), é a perda por processamento. Quando o chopp estava pronto ele era mantido resfriado nos fermentadores no setor de produção, fazendo assim com que os tanques fermentadores servissem de "câmara fria" para manter o produto resfriado. Devido a esta operação pode-se dizem também que criava-se "gargalo" na produção do chopp, porque os fermentadores estavam ocupados resfriando o chopp pronto para o comércio.

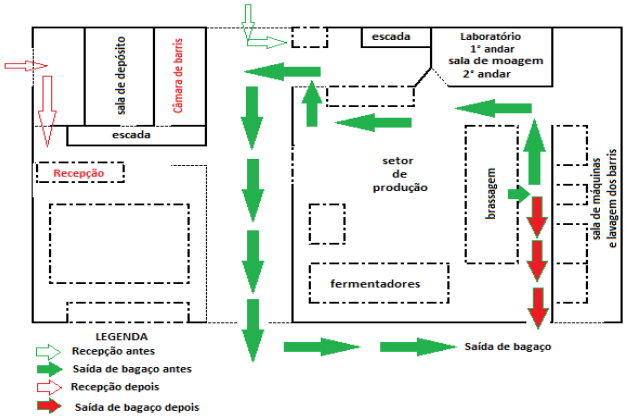


Figura 3. Alterações no l*ayout* produtivo kosk cervejaria.

Da Fig. 3, com a alteração do *layout* é possível observar que a saída do bagaço em vermelho foi de grande valia, pois conseguiu-se diminuir a perda por movimentação desnecessária e também eliminou-se a sujeira nos setores onde se transportavam estes grãos.

4.1.2 Setor de Produção

Uma das melhorias bastante significativa foi a criação de uma abertura para a saída do bagaço utilizado para a produção da cerveja. Apesar de simples a operação de remoção do bagaço causava bastante retrabalhos para o operador, pois, após cada remoção dos grãos era necessário lavar o chão de todos os setores da produção. A Fig. 4 apresenta esta alteração.

Figura 4. Saída de Bagaço: A, B, C, D.

Figura 5. Demarcação do piso corredor setor de produção.

A demarcação dos corredores e demais locais onde havia a necessidade de demarcação, utilizou-se as normas da NR26-SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA, onde o item 26.1.5.3 da página 453 normatiza que: o amarelo deve ser empregado para indicar "cuidado" e 'atenção".

Conforme NR8-EDIFICAÇÕES, o item 8.2 da página 96, normatiza que os pisos não devem apresentar saliências que dificultem a passagem de pessoas e de materiais, logo criou-se uma pequena rampa entre o setor de produção e o estoque de barris, conforme Fig. 5.

Utilizou-se também a NR12-SEGURANÇA DO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, o item 12.6.1 da página 119, normatiza que os corredores principais e os que conduzem até as saídas devem ter no mínimo 1,20m de largura. As máquinas tiveram a sua demarcação do seu arranjo físico com base, no item 12.6 da página citada neste parágrafo.

Figura 6. Adesivos e placas, setor de brassagem.

O setor de brasagem é o local com maior índice de possíveis riscos físicos para os operadores. Como os equipamentos são metálicos e tem como fluido de trabalho vapor superaquecido, a transferência de calor se dá por condução esquentando toda superfície dos equipamentos. Conforme NR 26 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA, item 26.6.6 da página 457, normatiza que para riscos de grau médio deve-se empregar a palavra CUIDADO, assim como sinalizar as indicações de riscos de manuseio de uso habitual.

Nas Figs. 6-A a D, apresenta-se as medidas tomadas para prevenir os riscos físicos que os operadores deste setor estão expostos.

As Figs. 7-A, 7-B e 8-A apresentam o local antes da implementação das melhorias no setor de armazenagem dos barris. A Fig.8-B, 8-C e 8-D, representam o local após a demarcação do piso.

Figura 7. A, B: Armazenagem dos barris ANTES.

Figura 8. B, C, D: Armazenagem dos barris DEPOIS.

4.2 Implicações

É importante ressaltar que a implementação.de algumas propostas de melhorias não foram aceitas pela direção da empresa, fazendo assim com que surgissem imprevistos no plano de implementação da metodologia proposta.

Na sala de depósito, cuja análise feita na primeira etapa do projeto, não foi possível realizar nenhuma atividade de implementação da metodologia 5S para esta segunda etapa. A sala da direção, o setor de moinho e estoque de grãos, localizados no segundo andar, e os banheiros são setores onde também não foi permitido alterações. Com isto, os resultados positivos deste trabalho foram influenciados diretamente.

5. DISCUSSÃO

Até agora, neste trabalho, foi apresentado os benefícios e alguns dos resultados com implantação da metodologia 5S na micro cervejaria. Entretanto, é evidente que encontrou-se muitas dificuldades na sua implantação, principalmente em relação à resistência a mudança por parte das pessoas.

Na primeira etapa do projeto verificou-se que na sala de depósito a desorganização do local de trabalho gera dois desperdícios bastante significativos: transporte e movimentação desnecessária. Porém nesta sala a direção da empresa não permitiu as alterações propostas nesta segunda etapa do projeto. Logo para estes desperdícios, conforme citado na revisão bibliográfica, o melhor a se fazer é utilizar os sensos de utilização e ordenação, selecionando os objetos de uso diário e especificando um lugar para cada coisa, mantendo-os em seu lugar, pois assim estaria a empresa combatendo estes desperdícios.

No setor de produção a solicitação de pintura do piso não foi aprovada pela direção da empresa. Nas fotos no item 4.3 deste capítulo, onde foram apresentadas as melhorias, é possível observar que o setor de produção demonstra impressões de sujeira, devido a tinta do piso estar bastante descascada. Como consequência deste fato, pode-se dizer que uma empresa no ramo alimentício com este aspecto, causa uma má impressão para o cliente, pois o ambiente mesmo limpo aparenta estar "encardido". Outra causa do piso descascado que deve-se levar em conta, é o fato da água e a sujeira do piso não escoarem para a canaleta de tratamento de efluentes. Esta "poça" de sujeira ocorre devido à diferença de altura entre a camada de tinta e o piso bruto. Devido a isto, o piso no setor de produção fica sempre úmido, adicionando assim novos focos de contaminação de bactérias para o ambiente industrial.

Conforme ressalta Campos (2005), muitas vezes o 5S é visto como uma grande faxina (*Housekeeping*) pelo fato das pessoas não conseguirem perceber sua abrangência. Limitando o programa a esta esfera física, perde-se grande parte do que de bom este tem para oferecer: a mudança de valores. Na verdade, em sua essência, esse método explora três dimensões básicas: a dimensão física (layout), a dimensão intelectual (realização das tarefas) e a dimensão social (relacionamentos e ações do dia-a-dia). Estas três dimensões se inter-relacionam e dependem uma da outra. No momento em que uma das dimensões é alterada ou melhorada, sentimos reflexos nas outras duas.

Há uma grande necessidade de envolver as pessoas na mudança. Um indivíduo sozinho não pode provocar mudanças, ou seja, a organização só muda quando pelo menos uma parcela das pessoas dentro da organização muda. Deve-se ter a consciência de que os membros de uma organização são tão importantes quanto os líderes no processo de mudança.

Devido as implicações já citadas no item (4.2) deste trabalho pode-se dizer que foi possível utilizar com maior frequência nas melhorias aceitas pelo diretor da empresa os sensos de Utilização (SEIRI), Ordenação (SEITON) e Limpeza (SEISO). Enquanto, Padronização (SEIKETSU) e principalmente Autodisciplina (SHITSUKE), foram sensos onde não obteve-se nenhum progresso.

Com isto, fica evidente que os objetivos deste trabalho não foram atingidos. A maior dificuldade percebida na aplicação desta metodologia foram as ideias errôneas de que o 5S é apenas uma ferramenta de "limpeza", e uma total liberdade para o implementador deste trabalho, pois este estava limitado ao aval positivo do diretor da empresa, e somente

após isto pode aplicar ou não as metodologias. As melhorias aplicadas não tiveram um total envolvimento dos colaboradores, e a direção por vezes demonstrava entusiasmo, porém não davam o exemplo para seus colaboradores participando da aplicação das atividades. Logo a maior parte das melhorias foram aplicadas pelo elaborador deste estudo.

6. CONCLUSÃO

É importante salientar que a filosofia *Lean Manufacturing* é composta por diferentes metodologias, e cabe a empresa decidir quais ferramentas serão mais viáveis e satisfatórias para serem aplicadas, para que o objetivo de minimizar os desperdícios e maximizar o lucro seja alcançado.

A realização deste estudo foi particularmente importante, tendo permitido uma primeira experiência com o ambiente industrial. Essa experiência permitiu a aplicação em ambiente industrial de conhecimentos adquiridos ao longo do percurso acadêmico. O ambiente industrial tem ainda a vantagem de obrigar o aluno a lidar com a equipe de trabalho da organização, desde a alta gerência até colaboradores, permitindo perceber as dificuldades associadas à implementação de medidas que implicam mudanças de hábitos de trabalho.

Para a segunda etapa deste projeto onde tentou-se implementar algumas melhorias no chão de fábrica, esperava-se conseguir como resultado uma melhoria do ambiente de trabalho, otimizar os espaços, proporcionar a visualização dos defeitos e falhas nos processos, redução do tempo improdutivo, melhorar as relações interpessoais e disseminar a consciência do desperdício, para que assim houvesse uma mudança profunda na cultura da empresa, e que esta mudança fosse auto sustentável.

Porém, conforme cita Domingues (2011), o programa 5S apesar de simples, não é tão simples de ser implantado, pois as atividades necessitam de empenho, cooperação e disciplina de todos os colaboradores da empresa.

A mudança de cultura não é uma tarefa fácil. Deve-se fazer todo um trabalho, utilizando determinadas ferramentas de gestão de pessoas e abordagens para envolve-los. As mudanças bem-sucedidas dependem do "como" a mudança é implementada. Um conceito errôneo comum é o de que se mandar as pessoas mudarem, elas mudarão. As pessoas somente mudam se forem guiadas, e não mandadas.

Para que a implementação deste sistema de produção seja realizada de maneira efetiva, deve-se haver uma mudança de pensamento, e esta não é uma tarefa simples. Deve-se, em conjunto com a implantação da metodologia 5S, aplicar estratégias de envolvimento das pessoas, pois é através da participação, colaboração de todos e atribuição de responsabilidades às pessoas certas é que evita as melhorias pontuais sem foco e sem sustentação.

Por fim, conclui-se que é de suma importância analisar o chão de fábrica (*Gemba*) das empresas de modo criterioso, pois sempre haverá perdas ou melhorias a serem propostas para facilitar as atividades realizadas, e consequentemente reduções de gastos, logo a metodologia 5S é uma ótima ferramenta para os fatores citados acima, porém é importante ressaltar que a metodologia 5S aplicada isoladamente em uma organização não será tão efetiva como a aplicação da combinação de outras ferramentas presentes da metodologia *Lean Manufacturing.*

7. REFERENCIAS

Andrade, P. H. S. O Impacto Do Programa 5S Na Implantação E Manutenção de Sistemas da Qualidade. 43 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). UFSC. Florianópolis, 2002.

ATLAS. Segurança e Medicina do Trabalho. 67a. ed. São Paulo: Equipe Atlas (Ed.). Editora Atlas S.A., 2011. 867p. (Manuais de legislação Atlas).

Domingues, M. A. A Importância Do Programa 5spara a Implantação De Um Sistema Da Qualidade. 25 f. Monografia (Especialização em Pós-Graduação em Gestão de Negócios, UFPR. Curitiba, 2011.

CAMPOS, R. et all. A Ferramenta 5S e suas Implicações na Gestão da Qualidade Total. 2f. Artigo. UNESP. São Paulo, 2005.

Liker, J. K.; Meier, D.O modelo Toyota, manual de aplicação. Porto Alegre: Bookman, RS, 2007.

LOPES, C.S. Análise do mapeamento do Fluxo de Valor Aplicado na montagem de conjuntos e subconjuntos elétricos de uma indústria aeronáutica 2011.78 f. Monografia (Graduação em Tecnologia Logística). FATEC de São José dos Campos. São Paulo, 2011.

Macedo, M. M. Gestão da produtividade nas empresas: A aplicação do conceito de Produtividade Sistêmica permite determinar o valor adicionado ao processo produtivo. Revista FAEBUSINESS, n.3, set. 2002

Ohno T. O Sistema Toyota de produção: Além da produção em alta escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

Womack, J. P.; Jones, D. T. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your. London: Simon e Schuster, 1996.

8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluídos neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DE TÉCNICAS DE PREVISÃO DE DEMANDA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA

Tainara Volan
Taise Sychocki
Alessandra Taís da Costa
Cleber Serafin Lopes
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
tainaravolan@gmail.com
taisesychocki@hotmail.com
alee_tais_f@hotmail.com
cleberlopes@uricer.edu.br

Resumo. *Este artigo apresenta um estudo de várias técnicas para realizar uma previsão de demanda, com vista à elaboração de uma metodologia capaz de auxiliar a tomada de decisões no meio industrial. Para tanto, são apresentados os principais modelos estatísticos de previsão, os quais são capazes de projetar no futuro padrões e tendências observadas em demandas passadas. Um estudo de caso, realizado em uma indústria do ramo de organizações de ambiente de trabalho, faz a integração das técnicas e procedimentos apresentados, e através da análise de erro, identifica-se qual a previsão de demanda melhor se aplica a mesma.*

Palavras-chave: *previsão de demanda, tomada de decisão, indústria*

1. INTRODUÇÃO

Uma programação de produção eficaz é aquela que esclarece o quanto, como e em quanto tempo produzir e quais recursos serão utilizados no processo. Para obter as informações referentes a esse processo, é importante realizar uma previsão de demanda, que será útil no fornecimento dos dados necessários para combinar a capacidade de produção com a demanda a ser oferecida. A não acuracidade da previsão de demanda pode resultar em um super ou subdimensionamento da planta produtiva, o que levará a perdas financeiras. (ARAÚJO, ARAÚJO & ADISSI, 2004).

Segundo Moreira (2001), há necessidade de se planejar para anos futuros, tanto quanto para os próximos dias ou semanas, embora o grau de detalhe seja diferente nos dois casos. A previsão nos dados é inversamente proporcional ao período que se deseja prever, ou seja, previsões a longo prazo são mais incertas que as previsões a curto prazo.

Deste modo, este trabalho tem como objetivo analisar e comparar as técnicas de previsão de demanda aplicadas a um agregado de dados fornecidos pela empresa WTEC Móveis e Equipamentos Técnicos, na cidade de Erechim, RS, e assim buscar a melhor técnica de previsão.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Previsões de demanda

O atual cenário de recessão econômica em que o Brasil encontra-se reflete diretamente nas decisões dos gestores nas organizações de pequeno e grande porte. As empresas estão cada vez mais competitivas e juntamente com isso crescem as exigências por parte dos consumidores. Dessa forma, a área de Planejamento e Controle da Produção ajuda os tomadores de decisão a atender a demanda nos prazos e quantidades preestabelecidas, visando a satisfação do cliente e assim manter-se por mais tempo no mercado.

Segundo a OMG consult (2017), o conhecimento de como a demanda irá variar permite que o fabricante mantenha a correta quantidade de estoque disponível para satisfazê-la. Se a previsão for subestimada, as vendas podem ser perdidas devido à falta de material em estoque e, se a demanda for superestimada, o fabricante fica com um excedente que, em função do volume excedente, pode ser considerado um prejuízo financeiro.

Previsões de demanda desempenham um papel-chave em diversas áreas na gestão de organizações. A área financeira, por exemplo, planeja a necessidade de recursos analisando previsões de demanda em longo prazo, sendo que as mesmas também servem às áreas de recursos humanos e marketing, no planejamento de modificações no nível da força de trabalho e no agendamento de promoções de vendas (KRAJEWSKI & RITZMAN, 1999).

A previsão de demanda consiste de um processo racional de busca de informações sobre o valor das vendas futuras de um item ou de um conjunto de itens. Sendo assim, tanto quanto possível a previsão deve oferecer igualmente informações a respeito da qualidade e do local onde serão necessários os produtos (MOREIRA, 1996).

2.2 Técnicas de previsão de demanda

Séries Temporais consiste de uma sequência de observações da demanda ao longo do tempo. Via de regra, as observações são espaçadas igualmente (dias, semanas, meses, trimestres, etc.). Não associa-se a outra variáveis, pois a hipótese básica é que os valores futuros das séries podem ser estimados com base nos valores passados.

Método das Médias é um conjunto de modelos, detém algumas peculiaridades (MOREIRA,1998): a previsão é sempre obtida por intermédio de algum tipo de média que leva em conta valores reais anteriores da demanda; as médias são móveis, o que significa que, a cada nova previsão, são abandonados (ou mais fracamente ponderados) os valores mais antigos da demanda real e incorporados os mais novos.

2.2.1 Média Móvel Simples

A média móvel simples é facilmente calculada por meio da média aritmética nos *n* últimos períodos da demanda observada (PEINADO & GRAEML, 2007). É importante observar que, quanto o maior o valor de *n*, maior será a influência das demandas mais antigas sobre a previsão.

$$MAF(i) = \frac{\mathrm{t(i-1)} + t(i-2) + t(i-3) \ldots t(i-n)}{\mathrm{n}} \quad (1)$$

Onde:
i = número do período;
t = período atual (demanda real mais recente);
n = número de períodos da média móvel.

Ainda de acordo com PEINADO & GRAEML (2007), o modelo de previsão de demanda média móvel simples é o mais elementar dentre os modelos de previsão quantitativos e deve ser aplicado apenas para demandas que não apresentem tendência ou sazonalidade, em outras palavras, em situações em que a demanda observada no passado apresente pouca variação em seu comportamento, não havendo crescimento ou diminuição ao longo do tempo, tampouco flutuações periódicas. Este tipo de demanda ocorre para produtos em sua fase de maturidade, do gênero de alimentação básica como arroz, feijão, macarrão, entre outros ou produtos de higiene básica.

2.2.2 Média Móvel Ponderada

A média móvel ponderada é uma variação da média móvel simples. Consiste em ponderar a importância dos períodos da previsão atribuindo-lhes pesos diferentes, geralmente com pesos maiores para dados mais recentes (TUBINO, 2009).

A vantagem da média móvel ponderada sobre a média móvel simples é que os valores mais recentes da demanda, que podem revelar alguma tendência, recebem importância maior.

Quando ponderação PE ≥ 1:

$$Pj = \frac{(D_1 \times PE_1) + (D_2 \times PE_2) + (D_3 \times PE_3) + \cdots + (Dn \times PEn)}{1 + 2 + 3 \ldots \ldots \ldots + n} \quad (2)$$

Quando ponderação PE < 1*

$$Pj = (D_1 \times PE_1) + (D_2 \times PE_2) + (D_3 \times PE_3) + \cdots + (Dn \times PEn) \quad (3)$$

Onde:
Pj = Previsão do período;
Dn = Demanda do período anterior;
PE = Ponderação;
*Para valores menores que 1, a soma entre as PE = 1.

2.2.3 Média Exponencial Móvel

Segundo Tubino (2009), cada nova previsão é obtida com base na previsão anterior, acrescida no erro cometido corrigido por um coeficiente de ponderação.

$$M_t = M_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - M_{t-1}) \quad (4)$$

Onde:
Mt = Previsão para o período t;
M(t-1)= Previsão para o período t-1;
α = Coeficiente de ponderação;
D(t-1) = Demanda do período t-1.

As previsões baseadas na média exponencial móvel são utilizadas principalmente em sistemas computacionais, pois seu modelo exige a armazenagem de apenas três dados por item (previsão baseada, demanda e coeficiente de ponderação) (TUBINO, 2009).

2.2.4 Previsão Média Móvel com Suavização Exponencial

O modelo de previsão de demanda baseado na média móvel com suavização exponencial é uma variação da média móvel ponderada que também deve ser aplicado apenas para demandas que não apresentem tendência nem sazonalidade (PEINADO & GRAEML, 2007).

$$Mt_j = \alpha \times \bar{D} + (1 - \alpha) \times D_i \quad (5)$$

Onde:
Mtj = Previsão para o período j;
$\bar{D}$ = Demanda média dos últimos n períodos;
α = Constante de suavização ($0 \leq \alpha \leq 1$);
Di = Demanda real ocorrida no período i (anterior à j).

2.2.5 Erros de previsão

Para Lustosa et al. (2006), toda e qualquer previsão de demanda sempre terá uma margem de erro. E quanto maior o horizonte de planejamento, maior será a incerteza das previsões. Portanto, é mais confiável as previsões de vendas dos próximos meses do que a de um ano adiante. Para saber se o modelo de previsão de demanda é confiável, é necessário realizar monitoramento por meio de cálculo e acompanhamento do erro de previsão, que é o desvio entre o valor real da demanda e o valor previsto pelo modelo para dado período (TUBINO, 2006).

$$Ei = Di - Pi \quad (6)$$

Onde:
Ei = Erro simples cometido no período i;
Di = Demanda observada no período i;
Pi = Previsão estimada para o período i.

Para o cálculo do erro absoluto:

$$EAi = |Ei| \quad (7)$$

Onde:

EAi = Erro absoluto cometido no período i;
Ei = Erro simples cometido no período i.

3. ESTUDO DE CASO

Para a realização deste trabalho estudou-se a empresa WTEC Móveis e Equipamentos Técnicos, localizada na cidade de Erechim, RS. A mesma possui segmento de mobiliário em aço, sendo que conta com aproximadamente 200 funcionários diretos e mais os colaboradores indiretos, criando soluções para diferentes frações por meio das marcas Biccateca e Presto Industrial.

A Biccateca, fundada em 2004, apresenta uma diversidade de produtos para bibliotecas, atendendo mais de 4.500 instituições e empresas. A Presto possui mais de 10 anos de experiência e credibilidade com clientes dos setores industriais, atendendo mais de 1.500 empresas em todo o Brasil. Possui duas linhas de atuação: organização e armários.

4. METODOLOGIA

Para realizar a previsão de demanda na empresa WTEC, coletaram-se os dados necessários a partir da análise dos registros de dados da empresa. A linha de produtos para o presente estudo é do Kit Pa Organização Gaveteiro, do período de janeiro de 2016 a maio de 2017.

Utilizaram-se os métodos de decomposição de séries temporais, usando as análises de demanda apresentadas anteriormente. A ferramenta de apoio para o processamento dos dados foi o Excel. Nas planilhas adicionaram-se os dados obtidos, e as equações retiradas da literatura para assim obter os resultados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para melhor percepção comportamental, distribuíram-se os dados em períodos conforme a Figura 1, com o intuito de verificar a presença de sazonalidade ou tendência. Os dados possuem flutuações aleatórias e ausência de períodos sazonais, desta forma, pode-se definir os tipos de abordagens a serem utilizadas.

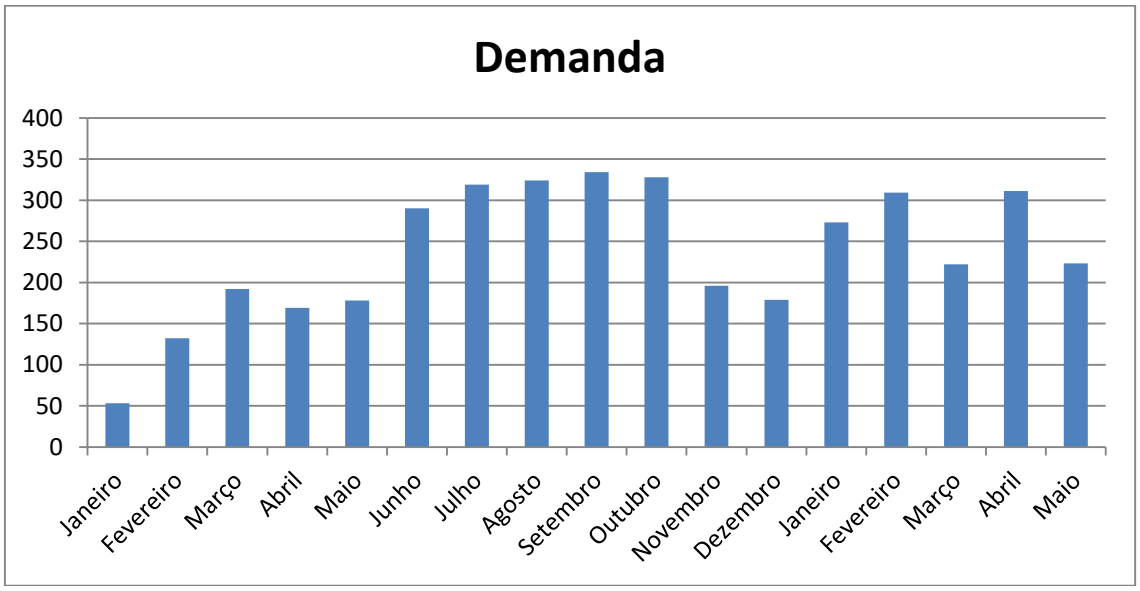


Figura 1. Demanda de Janeiro de 2016 a Maio de 2017

5.1 Aplicação da Média Móvel Simples

Apresenta-se na Figura 2 os resultados obtidos através dos cálculos da Média Móvel Simples. Analisa-se que há um alto nível de erro, considerando-se, então, inviável para uma melhor previsão de demanda.

Período	Demanda	N3	Erro N3	N4	Erro N4	N5	Erro N5	N6	Erro N6	N7	Erro N7	N8	Erro N8	N9	Erro N9	N10	Erro N10	N11	Erro N11	N12	Erro N12
jan/16	53																				
fev/16	132																				
mar/16	192																				
abr/16	169	126	43																		
mai/16	178	164	14	137	42																
jun/16	290	180	110	168	122	145	145														
jul/16	319	212	107	207	112	192	127	169	150												
ago/16	324	262	62	239	85	230	94	213	111	190	134										
set/16	334	311	23	278	56	256	78	245	89	229	105	207	127								
out/16	328	326	2	317	11	289	39	269	59	258	70	242	86	221	107						
nov/16	196	329	133	326	130	319	123	296	100	277	81	267	71	252	56	232	99				
dez/16	179	286	107	296	117	300	121	299	120	281	102	267	88	259	80	246	139	229	112		
jan/17	273	234	39	259	14	272	1	280	7	281	8	269	5	257	16	251	212	240	226	225	224
fev/17	309	216	93	244	65	262	47	272	37	279	30	280	29	269	40	259	166	253	188	243	196
mar/17	222	254	32	239	17	257	35	270	48	278	56	283	61	284	62	273	241	264	246	258	223
abr/17	311	268	43	246	65	236	75	251	60	263	48	271	40	276	35	277	234	268	203	260	185
mai/17	223	281	58	279	56	259	36	248	25	260	37	269	46	275	52	280	222	280	225	272	236
jun/17	?	252		266		268		253		245		255		264		270		274		276	
Erro médio			62		69		77		73		67		61		56		188		200		213

Figura 2. Aplicação da Média Móvel Simples

5.2 Aplicação da Média Móvel Ponderada

Uma vez indicada à ponderação para os dados, obtiveram-se os resultados expostos na Figura 3 para a Média Móvel Ponderada, sendo que os valores indicados no erro médio não apresentam crescimento ou decrescimento geral, apenas variam aletoriamente.

Período	Demanda	N3	Erro N3	N4	Erro N4	N5	Erro N5	N6	Erro N6	N7	Erro N7	N8	Erro N8	N9	Erro N9
jan/16	53														
fev/16	132														
mar/16	192														
abr/16	169	122	47												
mai/16	178	164	14	139	39										
jun/16	290	180	110	168	122	149	141								
jul/16	319	208	111	213	106	204	115	188	131						
ago/16	324	260	65	244	80	241	83	230	94	213	111				
set/16	334	310	24	281	53	265	70	258	76	246	88	231	104		
out/16	328	325	3	318	10	295	33	279	49	271	57	261	67	245	83
nov/16	196	329	133	326	130	320	124	301	105	286	90	279	83	268	72
dez/16	179	291	112	289	110	287	108	282	103	264	85	253	74	246	67
jan/17	273	237	36	254	19	261	12	264	9	261	12	251	22	241	32
fev/17	309	213	96	246	63	263	46	272	37	277	32	279	30	270	39
mar/17	222	251	29	244	22	264	41	276	54	282	60	288	66	289	67
abr/17	311	270	41	244	67	234	77	247	65	254	57	261	50	265	46
mai/17	223	279	56	281	58	265	42	258	35	268	45	277	54	283	60
jun/17	?	253		263		262		248		240		249		255	
Erro Médio Total			62		68		74		69		64		61		58

Figura 3. Aplicação da Média Móvel Ponderada

5.3 Aplicação da Média Exponencial Móvel

Na tentativa de encontrar uma melhor previsão sem que obtenha-se erros com índices elevados, calcula-se a Média Exponencial Móvel, apresentada no gráfico 1.

Pode-se observar que quando usado alfa= 0,65, a tendência de erro diminui e acaba estabilizando-se, sendo assim o melhor método de previsão de demanda.

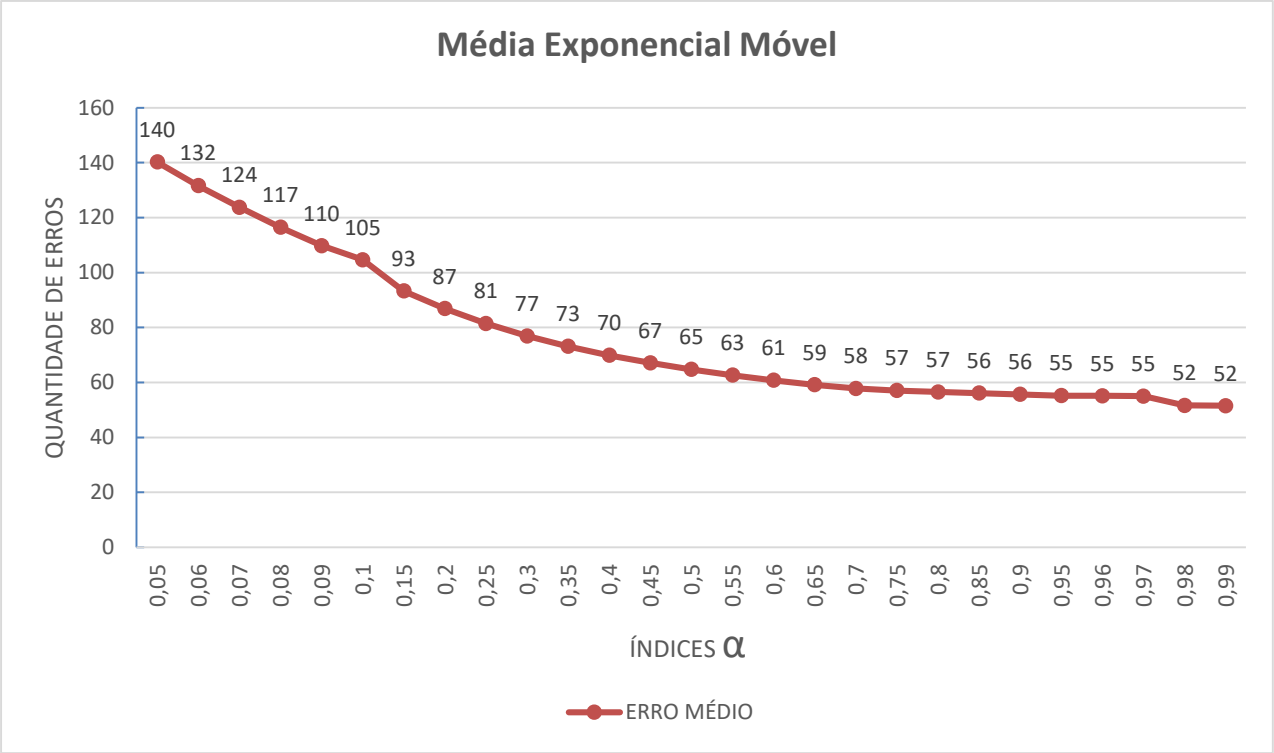


Gráfico 1. Aplicação da Média Exponencial Móvel

6. CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu analisar diferentes tipos de técnicas de previsão de demanda para um caso real. A partir da análise dos resultados obtidos foi possível concluir que o Método da Média Exponencial Móvel foi a técnica que apresentou a melhor precisão neste caso. No entanto, para que a previsão continue mantendo sua acurácia auxiliando nos processos de dimensionamento de produção e capacidade, é necessário que os dados sejam coletados e armazenados constantemente.

O processo de previsão é dinâmico e precisa ser revisado periodicamente com informações atualizadas. Os investimentos em aprimoramento de previsões de demanda devem estimular a integração das atividades de planejamento da empresa e contribuir para a melhoria do desempenho da gestão de demanda, a qual também envolve a adoção de estratégias para o melhor atendimento à demanda.

7. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. A. V.; ARAÚJO, F. J. A.; ADISSI, P. J. Elaboração de um modelo multivariado de Previsão de demanda para um call center. ENEGEP, Florianópolis. 2004.

CORRÊA, Henrique L. Administração de produção e operações: manufaturas e serviços: uma abordagem estratégica. 3 ed. São Paulo.

KRAJEWSKI, L. J. & RITZMAN, L. P. Operations management, strategy and analysis, 5ª Ed., Addison-Wesley, Reading, MA, 1999.

LUSTOSA, Leonardo J.; MESQUITA, Marco Aurélio de; QUELHAS, Osvaldo Luiz G.; OLIVEIRA, Rodrigo J. de. Planejamento e Controle da Produção. 2ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MOREIRA, Daniel Augusto. Administração da Produção e operações. São Paulo: Pioneira, 1996.

OMG Consult. Previsão da Demanda – Integrando a Cadeia de Suprimentos. Disponível em http://www.omcconsult.com.br/artigos/previsao-da-demanda-integrando-a-cadeia-de-suprimentos/. Acesso em 23 de maio de 2017.

PEINADO, J.; GRAEML, A.R.; Administração da Produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007, 720p.

TUBINO, D. F. Planejamento e Controle da Produção. São Paulo. Atlas, 2009.

8. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA KANBAN NO SETOR DE COMPRAS E ALMOXARIFADO EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR METAL MECÂNICO

Eloize Valarini
Tanatiana Ferreira Guelbert
Marcelo Guelbert
Universidade Tecnologica Federal do Paraná, Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, Campo Mourão, PR 87301-899, Brasil.
elo_valarini@hotmail.com
guelbert@utfpr.edu.br
mguelbert@utfpr.edu.br

Resumo. *O propósito deste estudo esta relacionado com uma inovação em processo no almoxarifado de materias-primas de uma indústria que atua no segmento metal mecânico, localizada no interior do estado do Paraná. Tal inovação foi a implantação do sistema Kanban. A perspectiva com a implantação dessa inovação vem ao encontro de melhorias nos processos dos setores, como: compra de produtos, tempo de estocagem e tempo de consumo, visando melhorar o desempenho do mesmo, afetados pelas entradas de mercadorias sem o controle devido. Foram realizadas visitas in loco, em que diagnosticou-se os possíveis problemas, para, em seguida, os pesquisadores proporem soluções de melhoria com a utilização do sistema Kanban. Realizada a implantação do sistema Kanban, foi possível controlar, provisionar e gerenciar todas as necessidades de carências encontradas no armazenamento das matérias-primas nesse setor, contribuindo significativamente para a aumento de desempenho.*

Keywords: *Almoxarifado; controle de estoque; gerenciamento; sistema Kanban.*

1. INTRODUÇÃO

O almoxarifado de uma empresa é o local onde está localizado o imobilizado e, quando mal gerenciado, pode ocasionar transtorno ao financeiro e causar danos que podem consumir tempo e energia para a devida regularização. Segundo Slack (2009), o estoque é o local onde a empresa acumula e armazena os recursos dos quais a produção terá necessidade. Entre as funções atribuídas a esse departamento, está o rápido abastecimento à linha de produção, materiais em estoque, controle de estoque, dentre outros. Visando a importância deste departamento e a necessidade de melhoria frente à empresa, já que estão diretamente ligados a outros setores, verificou-se a necessidade de implantar um sistema que contribua com o controle dos itens que fazem parte do estoque de matéria–prima.

Sendo assim, esse estudo visa implantar uma inovação em processo, utilizando o sistema Kanban no setor de almoxarifado de uma empresa que atua no segmento metal mecânico, mais especificamente para os itens que são considerados matéria–prima para a fabricação de produtos comercializados. Para a empresa em estudo, esta inovação permitirá controlar, provisionar, gerenciar, ajustar o tempo de estocagem e as necessidades de compras. Tal implantação objetiva a melhoria continua, que tem como foco evidenciar como o ajuste desse setor afeta positivamente a produção, baseando-se no conceito de fornecedor/cliente interno. Como base de teste para a implantação do Sistema Kanban foram definidos dois produtos, parafusos e fechos, que se diversificam em medidas e modelos, assim totalizando 17 análises de variedade em dois tipos de produtos. Por serem materiais considerados de extrema importância para a composição dos produtos acabados, seu controle torna-se essencial.

O modelo de produção puxada é o mais adequado ao processo da empresa em estudo. Segundo Tubino (2009), esse modelo roda, a partir da previsão da demanda que a empresa tem de determinado item, e não depende da venda para realizar a compra de matéria - prima. Então, constatou-se que o sistema Kanban, o qual faz parte da produção enxuta, seria o mais indicado para solucionar os problemas no estoque de matéria-prima.

A empresa teve um crescimento nos últimos 6 anos considerado representativo, sendo assim, o estudo vem com o intuito de propor mudanças no processo de controle e transição de mercadorias do setor responsável por estes materiais. Nese sentido, pretende-se com a pesquisa, proporcionar para a empresa em questão um novo conceito de como trabalhar com estoque, afim de facilitar a visualização das necessidades e evidenciar a importância da qualidade para o controle das mercadorias.

2. SISTEMA TOYOTA

O Sistema Toyota, tem como princípios, a redução de desperdício e a otimização de funções. Assim trabalhadores multifuncionais, segundo Ohno (1997), precisam pensar na redução total do desperdício e conseguir analisar alguns pontos para um melhor desempenho da implantação desse sistema na organização. Tal filosofia esta relacionada ao melhoramento da qualiddae da mão de obra trabalhadora, bem como, à cultura de produção sem estoques, ou seja, fabricar somente o que é necessário para atender a demanda (produção puxada).

Provendo de um sistema diferente dos quais já havia sido implantado, como o Taylorismo e o Fordismo, o sistema Toyota se apresentra como uma mudança de cultura e valores que foi disseminada depois que a sociedade enfrentou uma crise financeira em 1949. Na medida em que os empresários conseguiram unificar funções, treinar trabalhadores multifuncionais ou polivalentes, para que conseguissem operacionalizar mais de uma máquina dentro da empresa (Pinto, 2007), desenvolver estratégias e procedimetos visando reduzir os desperdícios, a cultura Toyotista ou sistema enxuto começa a ser assimilada.

Para Lustosa (2008), a produção enxuta teve seu surgimento em função da necessidade de otimizar a produção, reduzindo os desperdícios continuamente e não produzindo de forma excessiva, mas de maneira a alcançar a produção total no tempo normal de trabalho, evitando o tempo de espera das máquinas sem as deixar ociosas. O sitema enxuto também se preocupa em tornar processos, como transportes entre setores, mais curtos e deixar a produção com o mecanismo contínuo, evitando movimentações desnecessárias.

Neste sentido, aplicar o método de produção enxuta, tem como consequência a redução de tempo de permanência de produção do produto, assim maior produção e redução de estoque, resultando em um melhor fluxo de caixa da empresa, qualidade do produto e minimização dos custos (Lustosa, 2008).

2.1 Sistema Just in time

Conforme Ritzman (1989), o sistema *Just In Time* (JIT), tem como filosofia realizar a eliminação de desperdício, neste sentido prioriza o trabalho com o menor tempo de preparação, para não ocorrer falta de produtos. O JIT considera, não somente o desperdício de matéria-prima, mas também o desperdício de tempo, sendo assim, foi criada a necessidade de trabalhadores multifuncionais, com a finalidade de minimizar as funções dentro da empresa, enxugar a produção e produzir maior quantidade de produtos em seu período de trabalho.

Dentro do sistema JIT, encontram-se outros sistemas que são métodos que ajudam na organização do processo, como o Kanban. Segundo Ritzman (1989, p 187), o Kanban "é uma das técnicas mais usadas para atingir a meta JIT e não um sinônimo. E também não é um sistema de zero estoque", isso significa que é possível ter um estoque mínimo de matérias-primas, mesmo quando o prazo de entrega dos produtos acabados é curto.

Slack (2009) verificou que este sistema não é implantado apenas em empresas automobilísticas, mas em outros vários segmentos de empresas, que buscam a eliminação do desperdício e a qualidade total. Esse sistema visa o fornecimento da quantidade necessária eliminando os excessos.

2.2 Sistema Kanban

O sistema Kanban é uma descentralização de funções, entretanto toda a responsabilidade é dos chefes de equipes, já que segundo outras teorias isso gera responsabilidade de um determinado departamento dentro da empresa (PINTO, 2007). O interessante desse sistema, é que ele impõe procedimento nas tarefas e que as mesmas dependem de respostas anteriores para serem ativadas, gerando uma cadeia de processos em que, se uma atividade falha, interrompe o restante das atividades subsequentes. Destaca-se como ponto positivo do Sistema Kanban, que este facilita a visualização de falhas e consegue corrigí-las com maior agilidade.

O sistema subdivide-se em duas formas de demanda, a empurrada e a puxada, entretanto as empresas podem possuir o sistema de produção misto, contendo vários departamentos em sua estrutura e fabricando famílias e mix de produtos distintos. Seguindo esse conceito, pode-se argumentar que além do sistema misto de produção, cada empresa tem que ser analisada de forma individual, pois como produzem produtos diferentes, também tem tempo de fabricação diferente.

Sendo assim, alguns estudiosos chegaram à conclusão que as empresas deviam ser analisadas considerando suas especificidades. De acordo com Tubino (2009, p. 135) é típica as necessidades de compras e produção serem obtidas inicialmente a partir de inclusão de previsão da demanda dos diferentes produtos acabados no planejamento mestre de produção (PMP), que em sua rotina gera as necessidades de produtos acabados no tempo. Este modelo denomina-se produção empurrada, pois de acordo com Tubino (2009), o posto de trabalho de determinado produto, assim que terminada a fabricação, está autorizado a empurrar para o próximo posto.

Já contrapondo esse conceito de planejamento de produção, tem-se o outro modelo que é o planejamento de produção puxada. Neste Sistema, a partir da previsão da demanda da rotina de planejamento mestre da produção e na sequência, do planejamento das necessidades de materiais (MRP), é que se realiza o cálculo das necessidades futuras que serão utilizadas como previsão de demanda para o dimensionamento dos níveis de estoques nos chamados supermercados. Estes ficam à disposição dos postos dos clientes dentro da fábrica (Tubino, 2009, p 137). Os cálculos devem considerar a estrutura dos produtos e os tempos das rotinas de operações-padrão.

Esse tipo de planejamento segue o conceito dentro do *Just in Time* da manufatura enxuta. Segundo Tubino (2009), para produções longas ou a médio prazo, os sistemas empurrados e puxados são equivalentes em termos de potencial de flexibilidade. Para empresas com diversidade dos produtos fabricados o sistema puxado seria o mais adequado, pois trabalharia com a demanda dos itens que são fabricados.

Já Lustosa (2008), comenta que a produção puxada, não está em apenas concentrar o tempo de entrega, mas estimular a superprodução antecipada, evitando a espera de fabricação do produto. Para Slack (2009), o termo Kanban algumas vezes é utilizado como secundário ao JIT, isso é equivocado, pois esse sistema tem como função operacionalizar o sistema de planejamento de controle puxado, ou seja, controlar a transferência de material de um estágio a outro da operação.

Para realizar o trabalho por intermédio do sistema Kanban, a empresa terá que confeccionar os cartões de processos, que auxiliam na demanda de produção, sendo que o modelo do cartão dependerá da necessidade da empresa (Tubino, 2009). Esses cartões são fixados no quadro de porta cartões, as quais são usados para sinalizar a necessidade da fabricação ou compra de produto. O Quadro Porta-Kanban nada mais é que um quadro onde o Cartão Kanban de Produção é fixado caso haja a necessidade de produção (Peinado e Graeml, 2007; Tubino, 2009).

Conforme Tubino (2009), ele é indicado com três faixas de cores como: verde, amarelo e vermelho. O espaço vermelho será o estoque de segurança. O amarelo indica a necessidade de compra para repor o estoque, conforme analisado o *lead time* de reposição. Já o verde indica produto em estoque. Essas cores sequenciais, servem para indicar a necessidade do produto de forma visual, sabendo que quanto mais perto da cor vermelha, maior é a necessidade de compra.

O Sistema Kanban, segundo Peinado e Graeml (2007) foi baseado em uma prateleira, em que o abastecimento ocorre quando os produtos são retirados e o local na prateleira vai esvaziando, assim o espaço determina a necessidade de reabastecimento da prateleira. O funcionamento do Sistema Kanban com um cartão, basicamente, funciona da seguinte maneira:

- A primeira situação é a que não existe nenhum Cartão Kanban de Produção fixo no Quadro Porta-Kanban.
- No momento em que o Posto de Trabalho utilizar as peças contidas no contenedor, o mesmo irá retirar o Cartão Kanban de Produção fixa no contenedor e irá fixá-lo ao Quadro Porta-Kanban, assim o Posto de Trabalho Fornecedor visualiza a ordem de produção por meio do cartão Kanban e produz o item necessário.
- Logo após produzir o item, abastece o contenedor com o material e retira o Cartão Kanban de Produção do Quadro Porta-Kanban e fixá-o novamente ao contenedor.

Em relação ao dimensionamento do Sistema Kanban com um cartão, o Tamanho do Lote pode ser dimensionado por meio do estudo do Lote de Produção (Tubino, 2009). Já para Peinado e Graeml (2007) o Tamanho do Lote pode ser dimensionado de acordo com as características do produto e do contenedor, não podendo ser obtido utilizando fórmulas matemáticas. Após estabelecido o Tamanho do Lote, correspondente a um Cartão Kanban de Produção, calcula-se quantos desses Cartões Kanban de Produção serão necessários para integrar o Supermercado, possibilitando ofertar produtos ao Posto de Trabalho Consumidor (Tubino, 2009).

De acordo com Tubino (2009), o cálculo para o cartão Kanban pode ser feito por meio da Equação 1.

$$Nk = D/Q \cdot Nd \cdot (1+S) \quad (1)$$

Em que:

Nk = Número Total de Cartões Kanban no Supermercado;
D = Demanda Média Diária do Item;
Q = Tamanho do Lote;
Nd = Número de Dias de Cobertura da Demanda no Supermercado;
S = Estoque de Segurança.

Onde D é a quantidade que se utiliza diariamente de um item, o Q é a variável que indica quantas unidades serão produzidas em cada operação, o Nd é o *Lead Time* da operação e S é o coeficiente de segurança para manter o processo sem faltas (Tubino, 2009).

2.3 Estoque

O conceito de estoque segundo Slack (2009) é o local onde se acumula e armazena materiais essenciais para a produção de produtos acabados. Entretanto ao abordar o valor agregado dos ítens em estoque é importante ressaltar que a área pode contemplar materiais armazenados considerados de pequeno valor agregado comparado ao processo. Por outro lado, contrapondo esta afirmação, o setor pode ser responsável por estocar materiais que são de extremo valor e importância ao processo, assim em algumas organizações o estoque está diretamente ligado aos demonstrativos financeiros.

Segundo Lustosa (2008) é um grande indicador do ativo nas organizações de manufaturas, assim devem ser gerenciados de forma eficaz para não interferirem de forma negativa no resultados da mesma. A necessidade desse setor está em controlar a demanda de produtos a serem abastecidos na produção, já que muitas vezes para aproveitar o preço de compra, verificasse a possibilidade de aumentar o volume e deixá-lo em estoque para um giro continuo.

Na visão de Slack (2009), as organizações mantém um estoque de segurança dos itens, para que não tenha um imprevisto caso haja uma sazonalidade na venda, assim nas incertezas dessa demanda aumentar, mantém-se o estoque mínimo, vislumbrando esse cenário.

Lustosa (2009), também coloca que o estoque de segurança tem como fundamento cobrir qualquer demanda que não tenha sido prevista.Quando é dimensionado a necessidade de um estoque, leva-se em consideração as vantagens e desvantagens.

Conforme Slack (2009, p360) o "estoque congela dinheiro, na forma de capital de giro (...). Estoque acarreta custo de armazenamento (...). Estoque pode tornar-se obsoleto à medida que novas alternativas de produtos apareçam. Estoque pode danificar – se ou deteriorar – se. Estoque pode ser perdido (...). Estoque consome espaço que poderia ser usado para agregar valor. Estoque consome custos administrativos e secundários."

Neste sentido, a empresa precisa avaliar com seriredade as necessiades, vantagens e desvantagens de se manter estoque, considerando o tipo de produção, mix de produto, mercado de atuação, volume, demanda, dentre outros fatores.

3. METODOLOGIA

Segundo Lakatos e Marconi (2012), são vários fatores que precedem o processo a ser aplicado em uma pesquisa, essas técnicas podem ser divididas em documentação indireta e direta, sendo a primeira a pesquisa documental e a segunda a bibliográfica.

Para o estudo, realizou-se uma pesquisa bibliográfica objetivando o levantamento e conhecimento dos dados que foram observados posteriormente, também foram consultados anais de eventos, teses, dissertações, livros e artigos sobre o assunto. Tal procedimento é excencial para conhecer o tema em análise, proporcionando uma análise mais crítica da situação, contribuindo teoricamente com o assunto abordado e, por fim, auferir maior domínio. Segundo Cervo *et al.* (2007), a pesquisa bibliográfica procura explicar uma situação com base em uma referência teórica já publicada.

A pesquisa caracterizou-se como qualitativa e descritiva, pois teve como objetivo mostrar e descrever a importância do controle de estoques e suas aplicações para a empresa. Segundo Cervo *et al.* (2007) destaca–se como uma pesquisa descritiva, quando caracteriza–se em observar, registrar, analisar e correlacionar as informções obtidas com o caso. Nesta situação, foi observado o setor da empresa durante 2 meses do ano de 2016, analisando os procedimentos de trabalho, organização das prateleiras e do ambiente, limpeza, formas de armazenagem, demanda de produtos comprados e para produção. Utilizou-se um diário der bordo para registrar as percepções e informações coletadas durante o período de levantamento, os pesquisadores também fizeram uso de recursos fotográficos para registrar as imagens do local investigado antes e após aas intervenções. Tal metodologia foi necessária para conseguir monitorar o processo e conhecê–lo em profundiade afim de encontrar as soluções para os problemas existente.

Para a elaboração do estudo, foram realizadas visitas *in loco* na empresa, levantamento e controle dos materiais adquiridos pelo setor de almoxarifado, caracterizando com um estudo de caso. Nesta etapa a empresa em estudo forneceu relatórios que demonstram o consumo desses itens analisados e também a frequência de suas compras. Tai dados possibilitaram coletar informações, como a média de consumo e o tempo de reposição dos itens, com o cuidado de não causar problemas de liquidação ao departamento financeiro.

Assim, com o embasamento teórico e o diagnóstico realizado os pesquisadores provisionaram a quantidade necessária de ítens, juntamente com o prazo de entrega do fornecedor e em seguida fez-se o cálculo dos cartões Kanban, para que a empresa não tivesse problema de falta de matéria–prima e, por fim, a implatação do Sistema no setor e para os ítens anlisados. A segunda parte da investigação durou 4 meses, totalizando 6 meses de estudo, que contemplou a implantação e avaliação da intervenção realizada.

4. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

A aplicação do estudo teve início com a análise e entendimento do problema na empresa e posteriormente foi realizada uma reunião com os colaboradores, explicado como seria o funcionamento do Kanban. Logo após, verificou-se a desconfiança no sistema por parte dos colaboradores, no método, já que os mesmos ainda não tinham conhecimento da sua importância. Outra questão analisada, foi o tempo de permanência dos materiais em estoque e a falta de espaço físico. Verificou-se que já haviam alguns materiais em excesso no estoque. Uma questão relevante é a sazonalidade dos produtos vendidos, pois além da empresa realizar a venda de produto padrão, que utiliza matéria-prima padrão, a empresa também fabrica produtos especiais, que aumenta a diversidade dos itens que os compõe.

O setor de almoxarifado e compras estão diretamente ligados e no momento da pesquisa verificou-se a falta de integração e de gestão nas duas áreas. As compras eram realizadas de forma inadequada, resultando em um estoque alto e sem giro e como consequência investimentos errados com excessos de produtos comprados, causando custos elevados para a empresa e perdas dos materiais de acordo com o prazo de validade. Para melhor aplicação e desenvolvimento do sistema Kanban na empresa, o ambiente foi organizado, limpo e as matérias-primas foram organizadas de maneira a facilitar a identificação dos itens armazenados.

A empresa industrializa apenas duas variedades de produtos, caixa de comando e painéis modulares, os dois produtos são fabricados em linhas separadas e somente na etapa de pintura elas se unem. A primeira medida a ser tomada, foi

separar as matérias-primas por produto fabricado, já que as composições desses produtos também diferem. Sendo assim, organizou-se uma prateleira de matérias-primas, com as diferentes cores do sistema Kanban verde, amarelo e vermelho para a produção de caixa de comando e outra para a produção de painéis modulares. Os materiais que são usados nos dois produtos, foram colocados próximos às prateleiras, em uma gôndola separada e identificada.

Atualmente as prateleiras são identificadas com etiquetas de colunas e linhas e também há a identificação do produto com seu código no Sistema, para melhor visualização e para não ocorrerem erros com baixa de produtos e solicitações de compras. A segunda etapa, foi verificar a real necessidade de estoque dos itens, reduzindo-os e retirando produtos defasados, assim liberando o espaço para itens que realmente serão usados. Neste caso o setor de compras tentou negociar com antigos fornecedores, para que a empresa devolva e assim recupere parte do que não foi utilizado.

Na sequência iniciou-se o processo de implantação do sistema Kanban. Primeiramente foi explicado para os colaboradores por meio de sensibilização e posterior treinamento, o que era o sistema Kanban, sua finalidade e aplicações, mesmo porque eles seriam os principais alimentadores do sistema. Assim definiu-se quais produtos seriam usados como base de teste, ou seja os fechos e os parafusos. Os mesmos se subdividem em 17 variedades de itens, são produtos essenciais ao processo, motivo pelo qual foram escolhidos. Após o início de aplicação do sistema Kanban, verificou-se o excesso desses itens, já que os mesmos tinham programações de compras semanais.

Após o diagnóstico, avaliação e treinamento da equipe, deu-se início a aplicação do sistema Kanban, identificando a necessidade de matéria-prima, conforme as necessidades apresentadas pela empresa.

Dimensionou-se a quantidade do lote a ser comprado e também o período de compra. Como os fechos tem valor agregado alto, decidiu-se realizar as compras semanais e trabalhar com o tempo de entrega do fornecedor que é de sete dias úteis. Já para os parafusos definiu-se o prazo de entrega de vinte dias, pois alguns itens são fabricados somente para a empresa e esse é o tempo solicitado pelo fornecedor.

Por meio da Equação 1, determinou-se o número de cartões Kanban que foi de 1 cartão por tipo de produto, conforme mostra a Tabela 1 para alguns tipos de produto.

$$Nk = D/Q \cdot Nd \cdot (1+S)$$
$$Nk = 25/180 \cdot 0{,}04 \cdot (1+180)$$
$$Nk = 1{,}005$$

Tabela 1 – resultados das quantidades apresentada pelo Sistema *Kanban*

Produto	**Demanda**	**Tamanho do Lote**	***Lead Time***	**Estoque de Segurança**	**Quantidade** De **cartões**
Fecho Fenda	25	180	0,04	180	1,005
Fecho Yale	6	25	0,16	25	0,99
Fecho Ling. Yale	30	120	0,03	120	0,99825
Parafuso 6 x 10	1700	46800	0,00058	46800	0,98
Parafuso 6 x 30	400	21000	0,0025	21000	1

4.1 RESULTADOS

Atualmente as compras são realizadas conforme o sistema Kanban, não ocorrendo falta das matérias-primas. Com a Implantação do sistema Kanban o setor do almoxarifado ficou ágil e prático. Para os colaboradores que tiveram certa resistência no início do processo, os mesmos já verificaram a necessidade da implantantação para outros produtos, em função da facilidade das cores de identificação para cada necessidade.

O Kanban é um sistema de gestão visual que torna fácil e rápida a identificação das necessidades dos materiais. A Figura 1 evidencia a organização das prateleiras, após a implantação e a Figura 2 contempla uma amostra do cartão kanban desenvolvido de acordo com as necessidades da empresa.

Figura 1 - Organização das Prateleiras

Figura 2 - Modelo de Cartão Kanban (empresa em estudo)

Nos cartões Kanban foram colocados o nome do fornecedor, o item, o código do item para evitar ambiguidades, o número do lote, a quantidade de itens a colocar em cada contentor e a identificação do processo subsequente (produto entregue).

Também incluiu–se nesse sistema o quadro porta Kanban, que serve para indicar a necessidade de reposição do produto em estoque. Nele foi montado com espaço para cada produto implantado no sistema, com as cores padrão do Kanban. Assim o colaborador do setor consegue identificar a compra do produto e também, com o posicionamento em sua cor adequada, sinaliza ao setor do compras o momento de reposição do produto. A Figura 3 mostra o quadro Kanban criado para a empresa, elaborado de acordo com as necessidades da mesma, já que a reposição de seu estoque é de forma contínua.

Figura 3 - Modelo Porta Cartão Kanban

5. CONCLUSÃO

Concluiu-se com a realização do estudo, que a inovação em processo com a implantação do sistema Kanban auxilia os trabalhadores no planejamento da produção na indústria e a controlar o estoque.

Com base em todos os dados coletados para obter os resultados necessários, foi identificado a importância do Sistema Kanban, para a empresa. Por meio da utilização do sistema, notou-se uma diferença pelo departamento financeiro nos pagamento das matérias-primas, já que as compras também começaram a acontecer com intervalos de tempo maiores e com lotes reduzidos.

Também foi possível para os colaboradores observarem a saída do material e sua substituição, sempre atentos aos prazos de entrega do fornecedor em consonância com a previsão de vendas do produto final.

Outro fator importante observado, é que o departamento de compras pode controlar e programar melhor as compras de materiais. Tal processo contribuiu para redução dos custos com a eliminação de estoques desnecessários, bem como aumento do desmpenho do setor. Sendo assim, sugere-se que seja implantado o sistema Kanban para as demais matérias-primas utilizadas pela empresa e em outros setores que possuem uma demanda que atenda aos requisites do método.

6. REFERENCIAS

Ritzman, L; Krajewski, L; Moura. R., 1989. *MRP, MRPII, MRPIII (MRP+JIT com KANBAN)*. IMAM, São Paulo, 1. ed.

Pinto, G.A.,2007. *A Organização do trabalho no século 20: Taylorismo, Fordismo e Toyotismo*. Expresão Popular, São Paulo, 1 ed..

Oliveira, E.,2004. *Toyotismo no Brasil: desencadeamento da fábrica, envolvimento e resistência*. Expressão Popular, São Paulo, 1 ed..

Ohno, T.,1997 *O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala*. Artes Médicas, Porto Alegre, 1 ed.

Peinado, J.e Graeml, A. R., 2007. *Administração da produção – operações industriais e serviços*. Unicenp, Curitiba.

Lustosa, L., Mesquita, M.A., Quelhas, O E Oliveira, R.,2008. *Planejamento e Controle de Produção*. Elsevier , Rio de Janeiro, 1 ed.

Slack, N.,2009. *Administração da Produção*. Atlas, São Paulo, 3 ed.

Tubino, D.F.,2004. *Planejamento e controle de Produção: Teoria e prática*. Atlas MLA, São Paulo: Atlas, 2 ed.

Lakatos, E. M. e Marconi, M. A., 2012. *Metodologia do Trabalho Científico:procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projetos e relatório, publicações e trabalhos científicos.* Atlas, São Paulo, 7 ed. 7. Reimpr.

Cervo, A. L, Brevian, P. A. e Silva, R., 2007. *Metodologia Científica*. Pearson Prentice, São Paulo, 6 ed.

7. RESPONSABILIDADES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

A INOVAÇÃO COMO VANTAGEM COMPETITIVA: UM ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA QUE ATUA NO SEGMENTO AUTOMOTIVO

André Stefan Ronix
Gilson Junior Schiavon
Tanatiana Ferreira Guelbert
Universidade Tecnologica Federal do Paraná – Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, Campo Mourão, PR 87301-899, Brasil
andreronix@gmail.com
gil.schiavon@gmail.com
guelbert@utfpr.edu.br

Resumo. *A inovação com o passar dos anos passou a estar presente no contexto das empresas como fator para proporcionar o crescimento e desenvolvimento das organizações. Tema este que surgiu nos anos 90 através dos estudos e pesquisas de Peter Drucker e Joseph Schumpeter, que são seguidos por empresas que visam se manter competitivas no mercado, obtendo força para atuação e inserção em novos mercados. Se enquadrando neste contexto a presente pesquisa adotou como estudo de caso a Digipower, empresa que atua no setor automotivo com o desenvolvimento de soluções para o aprimoramento de* performance *automotiva. Onde empregou-se o Manual de Oslo como principal referencial teórico, apresentando os conceitos e tipos de inovação, destacando dentro de cada contexto qual foi a estratégia utilizada pela empresa para se empregar a inovação e quais os motivos que a impulsionaram para adotar este modelo de desenvolvimento.*

Palavras-chave: *Inovação, Digipower, Manual de Oslo, Tipos de Inovação*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 10 anos o tema da inovação vem sendo defendido e apontado como um dos principais fatores para o crescimento e desenvolvimento de organizações em um contexto global. Decorrente dos resultados obtidos por grandes empresas como Apple, 3M, Siemens, General Eletric, entre outras, que apresentam como fator comum o foco em inovação dentro do contexto de cada empresa, o que representa a inovação pode ser observado pelas citações conforme apresenta a "Tab. 1".

Tabela 1 – Citações sobre inovação (Tidd, J. e Bessant, J., 2015)

Citação	Empresa
"A inovação distingue um líder de um seguidor"	Steve Jobs, Apple
"A habilidade da John Deere de continuar inventando novos produtos que sejam úteis para os clientes ainda é a chave para o crescimento da empresa"	Robert Lane, CEO, John Deere
"Adi Dassler tinha uma paixão clara, simples e inabalável por esportes. É por isso que, com o benefício de 50 anos de inovação contínua criada em seu espírito, continuamos na linha de frente da tecnologia"	Adidas
"Temos o mais forte programa de inovação que consigo lembrar em minha carreira de 30 anos na P&G, e estamos investindo mais para impulsionar o crescimento em todo o nosso negócio"	Bob McDonald, CEO, P&G

A inovação foi um fator importante dentro do contexto das empresas influenciando os eventos que proporcionaram o desenvolvimento tecnológico acentuado iniciado no século XX devido a globalização e tecnologias que mudaram fortemente nossas formas de agir e interagir com as pessoas, clientes, empresas etc., mas foi a partir dos anos 90 que a inovação passou a ser fator determinante para o desenvolvimento e crescimento com sucesso, de empresas e países (Barbieri, 2004).

Este quadro só foi possível graças aos conceitos e teorias desenvolvidas por Peter Drucker e Joseph Schumpeter, como exemplo: "*Inovação é a ferramenta específica dos empreendedores, o meio pelo qual exploram as mudanças*

como oportunidades para um negócio ou serviço diferente. Pode ser considerada uma disciplina, pode ser aprendida e praticada" (Drucker, 2010, p.62).

Segundo a pesquisa realizada pela revista norte-americana *Fast Company,* que tem foco editorial inovação em tecnologia, liderança e design, as seguintes empresas se destacaram como as 10 mais inovadoras no mundo no ano de 2017: Amazon, Google, Uber, Apple, Snap, Facebook, Netflix, Twilio, Chobani e Spotify. (FAST COMPANY, 2017a)

No site da revista pode ser observado a lista completa com detalhamento dos critérios e descrição do que as empresas realizaram para alcançar tais resultados.

Além deste *ranking* a revista também aponta listas setoriais subdivididas por 36 categorias. Ao analisar o *ranking* por região da América Latina, Tab. 2, verifica-se a participação do Brasil com 4 empresas dentre as 10 mais inovadoras.

Tabela 2 – Empresas mais inovadoras de 2017 na América Latina (FAST COMPANY, 2017b)

Empresa	Justificativa
1. Start-Up Chile	Por criar e reter novos negócios no Chile
2. Jet Clue (Cuba)	Por ajudar o turismo em Cuba decolar
3. Decomplica (Brasil)	Por levar educação online para as massas
4. Creditas (Brasil)	Por baixar as taxas de juros no Brasil
5. Satellogic (Argentina)	Por usar nano satélites para fazer o checkup do planeta
6. Centro de Imunologia Molecular (Cuba)	Por desenvolver um tratamento de câncer de pulmão que pode ser compartilhado com os EUA
7. Mercado Livre (Brasil)	Por construir um império de *e-commerce*
8. La Comunidad (Argentina)	Por trazer apelo de massa à publicidade multicultural
9. Contabilizei (Brasil)	Por decodificar legislação de taxas e impostos para *freelancers*
10. GeniusFoods (México)	Por transformar mangas em suplementos alimentares

E como aponta Proença, *et al.*, (2006, p.17) "*Inovar é a principal opção estratégica para alavancar a competitividade das empresas e, por meio delas, promover o desenvolvimento econômico. É com a inovação que a empresa adquire forças para competir e para se inserir em novos mercados*".

Neste contexto o presente trabalho vem expor como estudo de caso a Digipower que se encontra no setor automotivo com foco no desenvolvimento de soluções para performance automotiva. Ao longo dos seus 12 anos de existência a empresa vem aprimorando e adotando os conceitos de inovação, impulsionada pela necessidade de se manter no mercado frente aos concorrentes internos e externos, em função dos desafios que o atual cenário do país apresenta: problemas socioeconômicos, instabilidade política e investimento cada vez mais escassos no que diz respeito ao apoio a inovação.

Diante deste cenário, o objetivo desta pesquisa é diagnosticar os principais tipos de inovação desenvolvidos pela organização em estudo e, dentro de cada contexto, identificar qual foi a estratégia adotada para se inovar, bem como os resultados obtidos.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa aplicada quanto a sua natureza, pois tenta compreender a totalidade do fenômeno, mais do que focalizar conceitos específicos, quanto ao ponto de vista da abordagem do problema adota um parecer qualitativo, que busca-se explicar o porquê das coisas, Gerhardt, (2009, p.34, 36), em relação aos objetivos a pesquisa classifica-se como exploratória e descritiva, proporcionando maior familiaridade com o problema, a partir do levantamento bibliográfico e análise de exemplos que estimulem a compreensão (Gil, 2007, p.41), e descrevendo os fatos e fenômenos de uma determinada realidade, (Triviños, 1987, p.38) tendo como exemplo: estudo de caso, análise documental, pesquisa ex-post-facto. Já considerando os procedimentos técnicos classifica-se como estudo de caso e utiliza o viés bibliográfico e documental que fornecem suporte aos resultados alcançados.

As informações contidas no artigo foram obtidas por meio de investigação realizada nos meses de Junho e Julho de 2017, utilizando como instrumento de pesquisa um questionário, contendo 10 perguntas. Este foi aplicado por meio de entrevista com os responsáveis pelo setor comercial, marketing e técnico, para o levantando das inovações geradas ao longo dos anos de 2005 à 2017, que compreendeu o período de análise. Os dados financeiros foram obtidos em conjunto com o setor contábil por meio dos relatórios extraídos do *software* de gerenciamento e controle empregado na empresa. Já para o referencial teórico foi adotado o levantamento bibliográfico dos livros que compreendem a área de inovação e gestão, afim de expor os conceitos envolvendo os tipos de inovações.

3. DIGIPOWER E OS PROCESSO INOVATIVOS: UM ESTUDO DE CASO

Para o presente artigo adota-se o conceito de inovação e sua classificação conforme estabelecido pelo Manual de Oslo, (OCDE, 2006, p.55), *"Uma inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou*

significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas."

Outro fator relacionado a inovação é apontado por Carvalho, *et al.*, (2011) onde a inovação está associada à introdução, com êxito, de um produto (ou serviço) no mercado ou de um processo, método ou sistema na organização.

É importante destacar essas características para se diferenciar o conceito de invenção com o de inovação, pois os mesmo por muitas vezes são visualizados como um fator de igualdade.

Ambos podem ser gerados a partir de uma ideia genial, porém, se a mesma não for absorvida pelo mercado nem comercializada e não trouxer resultados para a empresa, a mesma se tornará apenas uma invenção.

O requisito mínimo para se definir uma inovação na empresa é que o produto, o processo, o método de *marketing* ou organizacional sejam novos ou significativamente melhorados. Isso inclui produtos, processos e métodos que as empresas são as pioneiras a desenvolver e aqueles que foram adotados de outras empresas ou organizações (OCDE, 2006).

Como adotado por Carvalho, *et al.*, (2011) a inovação pode ser classificada em cinco tipos principais: de produtos, de serviços, de processos, de *marketing* e organizacional.

3.1 Inovação de produto e serviços

Como indicada o Manual de Oslo (OCDE, 2006, p.57), *"Uma inovação de produto é a introdução de um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado no que concerne a suas características ou usos previstos*. *Incluem-se melhoramentos significativos em especificações técnicas, componentes e materiais, softwares incorporados, facilidade de uso ou outras características funcionais*."

3.1.1 Kit *Performance* para linha Toyota Hilux/SW4 Diesel

Na sua fundação a Digipower mantinha os produtos e serviços voltados para revenda ao cliente final, por meio de produtos de terceiros visando o aumento de performance automotiva.

Após pesquisas e testes dos produtos existentes verificou-se a possibilidade de produzir um produto próprio que entregasse o desempenho e a qualidade almejado pela empresa, assim deu-se início ao desenvolvimento em parceria com um uma empresa argentina do primeiro produto o kit de performance V1 para as caminhonetes Toyota Hilux/SW4 com motor diesel do ano 2006.

Com a aceitação de mercado do produto e identificando as possibilidades de melhorias gerou-se a formação de uma nova parceria de trabalho em 2008 com uma empresa nacional e assim deu-se o surgimento do kit performance V2.

Com aperfeiçoamento do kit V2 gerou-se o kit V3 que atendia as caminhonetes Toyota Hilux/SW4 2.5/3.0 Diesel do ano 2005 à 2011, o que permitiu a empresa se tornar referência e líder de mercado por apresentar o maior ganho de potência e qualidade de produto frente aos produtos nacionais e importados.

No ano de 2012 com o surgimento de um novo sistema de motor 3.0 litros, foi necessário aprimorar o produto para atender esta nova demanda e assim surgindo o V4 e posteriormente o V5 que atendia a todos os modelos do ano 2006 à 2015, entregando até +60 CV de potência e +15 Kgf.

Ao final do ano de 2015 ocorreu outra alteração de motor agora 2.8 litros e, em agosto de 2016, gerou-se o kit V6 entregado +40 CV de potência e +10 Kgf de torque. Porém três fatores dificultaram as vendas do novo produto: ganho menor de potência, maior valor do produto frente aos produtos importados e quebra da garantia de fábrica pelas concessionárias da rede Toyota caso fosse detectado a instalação do produto.

Diante deste cenário foi necessário aprimorar o equipamento e após 10 meses do lançamento do kit V6 deu-se início a produção do kit V7 que conseguiu obter +60 CV e +12 Kgf de torque e com instalação *plug and play* não afetando a garantia do veículo e conseguindo novamente se posicionar no mercado como o kit que entrega maior potência.

3.1.2 Speed Booster

Em 2013 iniciou-se os testes e avaliações de produtos que entregassem uma maior antecipação de torque e potência dos veículos, removendo o atraso de resposta do pedal do acelerador ocasionado pelos sistemas com sensor eletrônico.

Tendo este ponto definido criou-se o setor de desenvolvimento e assim, após 8 meses, em 2014 iniciou-se a produção do Speed Booster que possuía 4 modos de condução, inicialmente para o veículo GM S-10 2.4 Flex 2014 e em sequência se estendo para outras linhas de veículos e montadoras, atingindo no ano 2017 mais de 200 modelos de veículos de 21 marcas de montadores diferentes.

O grande diferencial do produto frente aos concorrentes são os modos de condução aprimoradas para cada modelo de veículo, o que não acontecia nos demais produtos que possuíam um software de ganho genérico para todos modelos de marcas e veículos.

Em 2015 analisando o mercado e os relatos de clientes que destacavam que o veículo apresentava uma performance muito acentuada, mesmo sendo original, identificou-se que usuários não habituais poderiam provocar algum acidente por não possuir domínio total do veículo. Com base nas constatações, foi desenvolvida a função *Park Mode* que limita o

pedal do acelerador permitindo que o veículo só atinja uma certa faixa de rotação e tenha um desempenho inferior ao original, possibilitando uma condução sem maiores riscos para o novo condutor desabituado ao veículo.

Mais recentemente, visando uma maior integração com o usuário, será lançando um novo *Speed Booster* que conta com até 100 modos de condução e com aplicativo para Android e iOS que permite a configuração dos modos de condução do veículo via smartphone.

3.1.3 Escapamentos esportivos

Verificando a demando por solução em escapamentos esportivos por meio das solicitações de clientes que tinham o desejo de adquirir um escapamento com uma acústica esportiva, mas só encontravam este tipo de produto importado e com custo elevado, no ano de 2012 iniciou-se a produção de escapamentos em inox para caminhonetes e criou-se a marca DPW Exaust System para os produtos voltados para a linha de escapamentos esportivos.

Neste segmento, a empresa identificou um novo nicho de mercado que desejava possuir um escapamento com som esportivo mas que pudesse ser modificado para o som original do seu carro quando conveniente, como por exemplo durante uma viagem. Diante de tal demanda, iniciaram-se os estudos para empregar um sistema que permitisse este funcionamento. A empresa investiu em estudos, pesquisas e desenvolvimento para a produção de um difusor próprio. Como resultado, em 2015 foi lançado o primeiro difusor para a linha Toyota Hilux/SW4 3.0 Diesel e posteriormente se expandido para as outros linhas de veículos.

O produto já passou por processos de aprimoramento e hoje a empresa disponibiliza diferentes versões para atender diferentes linhas de veículos, com novas funcionalidades e recursos visando atender o mercado interno e externo.

3.1.4 Reprogramação de central de injeção

Inicialmente quando a empresa começou no seguimento de aumento de potência via reprogramação da central de injeção, ela adiquiria os arquivos de mapa de potência que a mesma não tinha desenvolvido.

Verificando a possibilidade de se obter resultados melhores frente à concorrência, a Digipower investiu em corpo técnico especializado, aquisição de equipamentos e dinamômetro 4x4 para gerar um laboratório de referência, comprovando o ganho real gerado nos carros aos clientes (DIGIPOWER, 2017a), e assim criar os próprios mapas de potência, revendendo os arquivos às empresas que se motivassem a trabalhar em conjunto.

3.2 Inovação de processos

Como apontado pelo Manual de Oslo (OCDE, 2006, p.58), *"Uma inovação de processo é a implementação de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado. Incluem-se mudanças significativas em técnicas, equipamentos e/ou* softwares."

No ano de 2015 decorrente da crise que se estabeleceu na economia brasileira, com preço do dólar na faixa de R$ 4,00 e inflação acima de 10% (FOLHA, 2017), afetou o setor automotivo respondendo por um terço da retração da economia, com uma produção de veículos de 17,8% menor que em 2014, correspondendo a R$ 13 bilhões a menos em arrecadação de impostos, (ESTADÃO, 2017) e sem sinais de que a economia apresentaria uma melhora em 2016.

Neste período a Digipower possuía 10 lojas próprias e 6 franquias espalhadas no país, onde estas tiveram quedas significativas nas vendas e a empresa começou a vivenciar uma período de retração.

Diante deste cenário a solução encontrada pela empresa foi possuir uma única loja, permanecendo apenas a matriz em Maringá (PR). A estratégia adotada pela empresa foi transformar o foco para a fabricação e mudar o sistema de franquias pelo sistema de revendas e revendedores autorizados. Tal ação diminuiu o custo para aquisição do direito de revender os produtos e o valor de compra dos produtos oferecidos pela empresa.

A medida foi empregada como intuito de se atingir mais pontos de vendas no país com outras empresas ligadas ao setor, como lojistas e auto centers, que poderiam ampliar sua linha de atuação com produtos de performance automotiva, não despendo de custos adicionais com mão de obra, locação e equipamentos.

Atualmente a empresa conta com mais de 60 revendedores, atuando em 16 estados diferentes no Brasil e com revendas na Argentina, Paraguai, Costa Rica, Panamá e mais recentemente iniciando sua operação nos Estados Unidos com uma loja própria em Orlando, Flórida.

Com este novo cenário a empresa iniciou um novo processo de estruturação com vistas a fortalecer os processos de produção e adequações necessárias para a exportação dos produtos à diferentes mercados de atuação.

3.3 Inovação de *marketing*

Já a inovação de *marketing* segundo o Manual de Oslo (OCDE, 2006, p.59), "*Uma inovação de marketing é a implementação de um novo método de* marketing *com mudanças significativas na concepção do produto ou em sua embalagem, no posicionamento do produto, em sua promoção ou na fixação de preços*."

Neste contexto a empresa adotou a criação de um setor interno para o *marketing* digital, proporcionando além da geração de materiais com uma maior qualidade, maior visibilidade da empresa, prospecção e aproximação de clientes e detecção de necessidades dos mesmos.

Recentemente visando o mercado americano foram aprimoramos os produtos Speed Booster e Difusor em toda a sua linha desde manuais, apresentação dos produtos, informações contidas nas embalagens, website, vídeos de divulgação. (DIGIPOWER, 2017b)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 1, 2 e 3 tem por objetivo demonstrar os dados obtidos no período de março de 2016 até fevereiro de 2017, evidenciando qual a influência dos produtos (inovações) no faturamento da empresa.

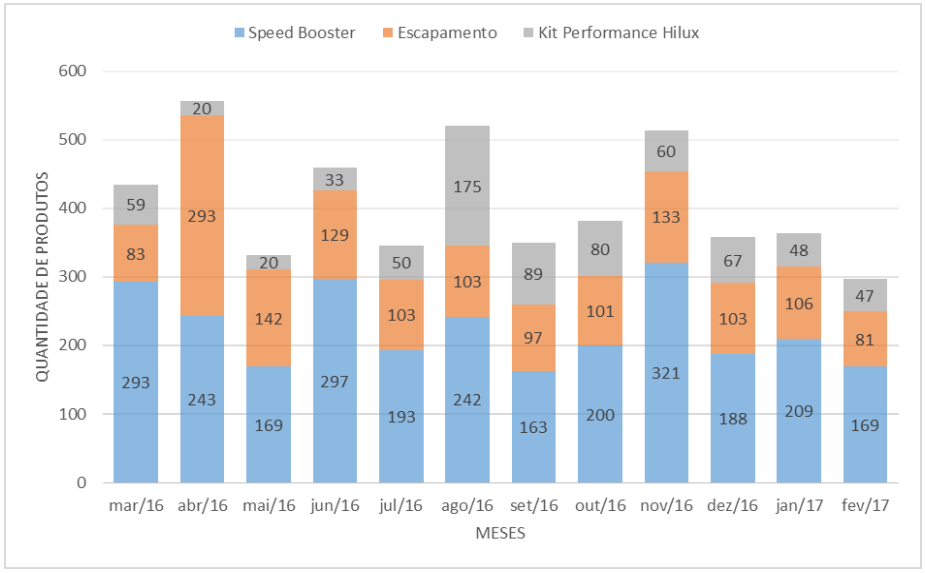


Figura 1 – Quantidade de venda produto mês

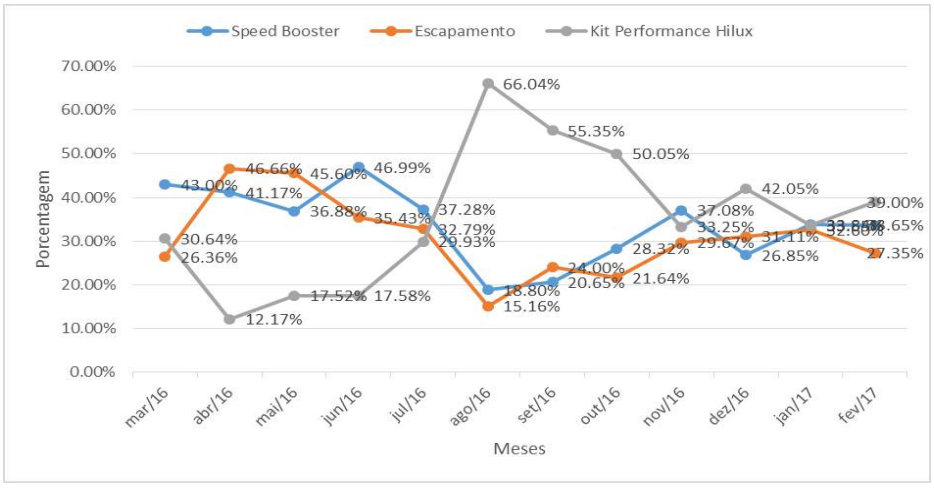


Figura 2 – Porcentagem de vendas em relação ao faturamento no mês

Por meio das Fig. 1 e Fig. 2 é possível observar que os produtos apresentam uma tendência no comportamento de quantidade de vendas, e quando verifica-se a parcela de faturamento que cada um representa ao longo dos meses, os escapamentos e Speed Booster vão se alternando entre aqueles com maior parcela no faturamento.

Porém fugindo a tendência no período de agosto o kit performance Hilux/SW4 se destacou e apresentou um faturamento superior a soma dos dois outros produtos juntos, isso se deve ao lançamento do novo modelo o V6 que aqueceu as vendas do produto que vinha de períodos de faturamento mais baixo.

Decorrente do lançamento da Toyota Hilux/SW4 2.8 Diesel, onde kit V5 que era o modelo atual e compatível com as caminhonetes até o ano de 2015 com motor 3.0 sofreu uma queda drástica nas vendas, pois o perfil dos clientes que a

empresa atende são pessoas que trocam de veículos em uma média de 2 anos e quando surge um lançamento de veículo, este público alvo, tende a vender o antigo e comprar a versão mais recente.

Figura 3 – 10 modelos mais vendidos de Speed Booster

Por meio dos dados da Fig. 3 é possível verificar que dentro dos 10 modelos mais vendidos, 9 são modelos diesel e 7 destes não apresentam kit de potência fabricados pela empresa como acontece para a linha Toyota Hilux/SW4.

Levando em consideração o percental que este kit representa no faturamento da empresa, iniciou-se os estudos para desenvolvimento de produtos visando aumentar a performance via kit externo para os modelos destacados na Fig. 3.

5. CONCLUSÕES

Os processos de inovação da empresa, objeto do estudo, ao longo dos anos vem sendo criados a partir de demandas de clientes, pesquisa de mercado e aprimoramento contínuo dos produtos e serviços, para gerar inovações incrementais e disruptivas.

Para continuar com a visão de inovação constante a empresa vem investindo em recursos para os processos de gestão do conhecimento, gerenciamento de projetos, capital intelectual e multidisciplinaridade, para criar estruturas flexíveis e adaptativas sendo mais coerentes às constantes mudanças no mercado e permitindo, assim, ter como objetivo o posicionamento de líder no mercado nacional e almejar a liderança no mercado internacional.

Fica aqui destacado que por meio da inovação, mesmo diante de cenários socioeconômicos e políticos desoladores, é possível passar por estes períodos de instabilidade e incertezas, com crescimento e expansão das atividades da empresa gerando emprego, renda e crescimento econômico.

Como resultado deste estudo, pode-se afirmar que adotar a inovação é estar aberto a cultura da mudança, permanecendo em constante monitoramento de tendências, aspectos e necessidades do mercado para empregar soluções mais assertivas.

6. REFERÊNCIAS

Barbieri, J. C., 2004. “Organizações inovadoras: estudos e casos brasileiros”. Editora FGV, Rio de Janeiro, 2nd edição.

Carvalho, H. G. *et al*, 2011. “Gestão da inovação”. Aymará, Curitiba.

DIGIPOWER, 2017a. “Reprogramação Eletrônica”. 15 Jul. 2017 <http://digipower.com.br/reprogramacao/>.

DIGIPOWER, 2017b. “Speed Booster”. 15 Jul. 2017 <http://digipowerusa.com/speed-booster/>.

Drucker, P. F., 2010. “Inovação e Espírito Empreendedor: práticas e princípios”. Cengage Learning, São Paulo, 12 Edição.

ESTADÃO, 2015. “Crise das montadores respode por um terço da queda do PIB”. 20 Jul. 2017 <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,crise-das-montadoras-responde-por-um-terco-da-queda-do-pib-deste-ano,17103>.

FAST COMPANY, 2017a. “The Most Innovative Companies of 2017”. 25 Jun. 2017 <https://www.fastcompany.com/most-innovative-companies/2017>.

FAST COMPANY, 2017b. “The Most Innovative Companies of 2017 by Sector”. 25 Jun. 2017 <https://www.fastcompany.com/most-innovative-companies/2017/sectors>.

FOLHA, 2017. “A tragédia da economia brasileira em 2015 em 7 gráficos”. 20 Jul. 2017 <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/12/1724604-a-tragedia-da-economia-brasileira-em-2015-em-7-graficos.shtml>.

OCDE, 2006. “Manual de Oslo: diretrizes e interpretação de dados sobre inovação tecnológica”. FINEP, 3 Edição.

Gerhardt, T. E. e Silveira, D. T., 2009. “Métodos de pesquisa”. Editora UFRGS, Porto Alegre, 1 Edição.

Gil, S. C., 2007. “Como elaborar projetos de pesquisa”. Atlas, São Paulo, 4 Edição.

Proença, A. *et al*, 2015. “Gestão da Inovação e Competitividade no Brasil: da teoria para a prática”. Bookman, P. Alegre.

Tidd, J.; Bessant, J., 2015. “Gestão da inovação: integrando tecnologia, mercado e mudança organizacional”. Bookman, P.A., 5 Ed.

Triviños, A. N. S., 1987. “Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação”. Atlas, São Paulo.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste artigo.

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Engenharia Elétrica

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DE EFICIÊNCIA DO CONJUNTO CONVERSOR – MPTT UTILIZANDO AS TOPOLOGIAS BUCK E BOOST

Anderson José Balbino
Deividi Zaions
Cássio Luciano Baratieri
Adilson Luís Stankiewicz

Universidade Regional Integrada do Alto Uriguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner. Erechim, RS.
andybalbino@hotmail.com, deividizaions@hotmail.com, cassiobaratieri@uricer.edu.br, adilsonluis@uricer.edu.br.

Resumo. *Este artigo trata sobre o estudo de eficiência do conjunto conversor – MPPT utilizando as topologias Buck e Boost, e a técnica Perturba e Observa (P&O). Os conversores foram escolhidos por serem os mais básicos, utilizados em muitas aplicações fotovoltaicas, e o método, conhecido como Hill-Climbing, ser um dos mais utilizados comercialmente, com facilidade de implementação. Dimensionam-se os conversores, e implementa-se os dispositivos verificando seu funcionamento. Após, implementa-se o algoritmo do método MPPT, utilizando-se uma plataforma Arduino. Na sequência, verifica-se o funcionamento do conjunto, alimentado por um painel fotovoltaico Kyocera KD-140SX. Os resultados indicam que o conjunto Boost/P&O apresenta o maior índice de conversão da energia fornecida pelo módulo fotovoltaico, com aproximadamente* 79% *de eficiência.*

Palavras-chave: *Conversores CC-CC, Buck, Boost, MPPT.*

1. INTRODUÇÃO

As fontes fósseis de energia predominam até hoje como as principais impulsionadoras do desenvolvimento humano. O maior percentual de aproveitamento vem do petróleo (35 %), seguido do carvão e gás natural. Outra forma não renovável e extremamente poluidora é a base de energia nuclear. A queima de madeira também representa um percentual relevante e apesar de ser renovável, costuma ser danosa ao meio ambiente. Fontes consideradas limpas como eólica e fotovoltaica respondem por apenas 4 % da matriz energética mundial. No entanto são as que apresentam maior crescimento na atualidade (Tolmasquim, 2016).

A energia elétrica fotovoltaica é proveniente da transformação da irradiação solar diretamente em energia elétrica, através de processo químico-físico utilizando propriedades dos materiais semicondutores. A quantidade de energia solar que a terra recebe, corresponde a 10000 vezes o consumo energético mundial, constituindo-se portanto em um processo com gigantesco potencial. O Brasil, por ser um país tropical, apresenta condições propícias para o aproveitamento deste tipo de energia. Os valores de incidência solar no Brasil são superiores aos índices encontrados nos países que mais desenvolveram este tipo de aproveitamento, notadamente, europeus (Silva, 2017).

Como os painéis fotovoltaicos apresentam um baixo rendimento (em torno de 15 %), é relevante que se estudem meios de tornar mais eficiente o processo de conversão de energia aplicado a sistemas de geração de energia elétrica baseados na energia solar fotovoltaica. Um painel possui apenas um ponto I x V que fornecerá a máxima potência. É necessário um sistema que proporcione o efeito de uma carga ativa entre o painel e o conversor CC-CC, que garanta o funcionamento no ponto de MPP (Ponto de Máxima Potência). Esta solução é conhecida como MPPT (Rastreamento do Ponto de Máxima Potência). Muitos autores estudaram estes métodos e propuseram diferentes soluções (Stankiewicz, 2013). Este trabalho propõe o estudo de três técnicas em conjunto com dois conversores Buck e Boost, com a finalidade de verificar o melhor conjunto para esta finalidade.

2. METODOLOGIA

Este estudo propõe a construção dos conversores Buck e Boost, com a aplicação do método MPPT Perturba e Observa (P&O). Determinam-se fatores de mérito de desempenho e busca-se o conjunto com melhor eficiência. O sistema descrito pode ser visualizado na Fig. 1.

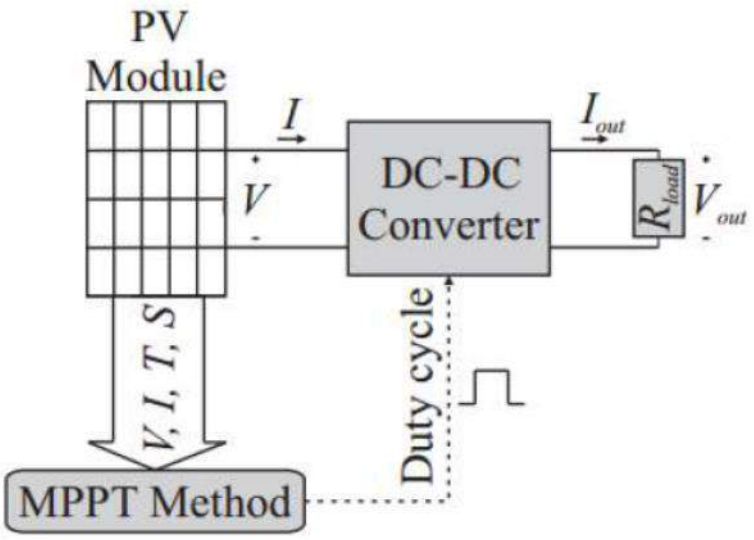


Figura 1. Sistema de processamento de energia fotovoltaica com MPPT.

2.1 Modelagem matemática de módulos fotovoltaicos

Um módulo fotovoltaico apresenta uma característica não-linear na sua curva de corrente *versus* tensão (curva $I - V$, a qual depende fortemente da irradiação solar e temperatura (SILVA *et al.*, 2016). Baseando-se na análise física de uma célula fotovoltaica, dois circuitos elétricos equivalentes podem ser determinados: modelo do diodo único (Fig. 2) e diodo duplo. Devido à combinação de precisão e simplicidade, o modelo do diodo único é largamente utilizado na literatura (Villalva; Gazoli; Filho, 2009). Frente à esse motivo, utilizou-se esse modelo nesse trabalho com o objetivo de possuir um padrão de comparação.

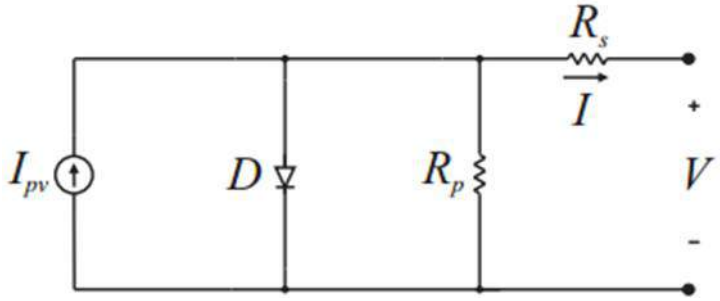


Figura 2. Modelo da célula fotovoltaica de diodo único.

2.2 Conversores CC-CC

2.2.1 Conversor CC-CC Buck

O conversor Buck é um conversor CC-CC abaixador de tensão, ou seja, sempre sua tensão de saída (V_{carga}) será inferior à tensão de entrada (V_e), ou no limite teórico, igual e sem inversão da polaridade (COELHO, 2008).

Devido ao fato de apresentar característica de fonte de tensão na entrada, a corrente drenada pelo conversor Buck é naturalmente pulsada, implicando em alto conteúdo harmônico e em sobretensões destrutivas ao interruptor durante sua abertura, causadas devido as indutâncias parasitas. Para corrigir esse problema, propõe-se a utilização de um filtro L_iC_i de entrada (MARTINS; BARBI, 2006). Da mesma forma, para que na carga (R_{load}) haja uma tensão (V_{out}) controlada e de baixa ondulação, Martins e Barbi (2006) incluem um filtro LC de saída, conforme ilustra-se na Figura 3.

2.2.2 Conversor CC-CC Boost

Denominado como elevador de tensão, o conversor Boost fornece um valor de tensão elétrica de saída (V_out) maior do que o valor da tensão de entrada (V_in) sem inversão de polaridade. Segundo Coelho (2008), um aspecto importante relacionado a esse circuito é o fato de o mesmo apresentar característica de fonte de corrente na entrada e fonte de tensão na saída, conforme representado na Figura 2.

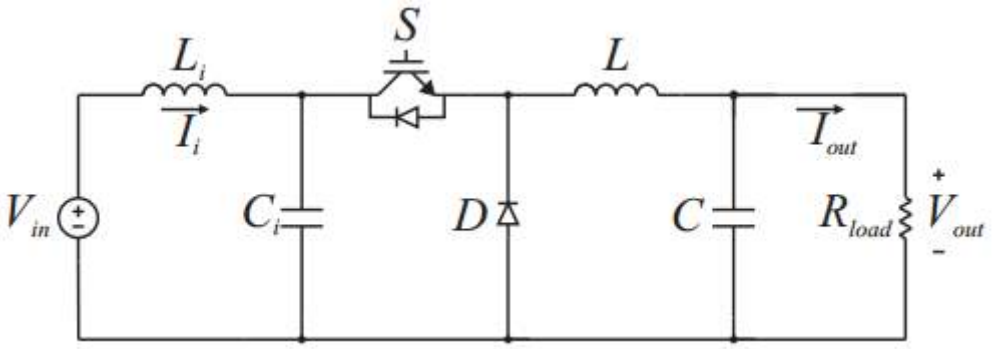


Figura 3. Conversor Buck.

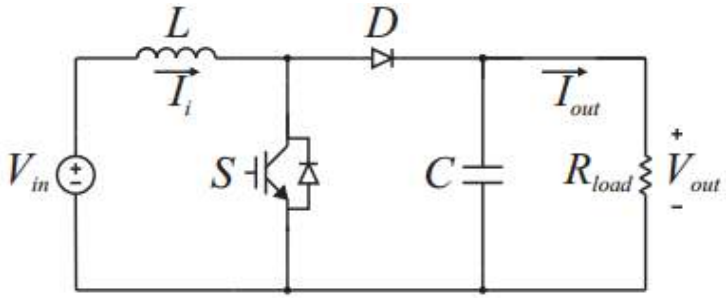


Figura 4. Conversor Boost.

2.3 MTTP P&O – Sistema de Rastreamento de Máxima Potência Perturba e Observa

Com o objetivo de operar um sistema fotovoltaico eficientemente, faz-se necessário que a carga conectada possa extrair a máxima energia do sistema a qualquer momento (Lyden; Haque, 2015). A potência de saída de um módulo fotovoltaico é dependente da irradiação solar e temperatura, as quais são variáveis dinâmicas ao longo do dia. Sendo assim, as técnicas de MPPT são aplicadas com o objetivo de que o sistema opere sempre no ponto de máxima potência de um módulo fotovoltaico, otimizando assim o seu uso (Uddin; Baig; Ali, 2016).

Tipicamente, um sistema de rastreamento de máxima potência é implementado conectando-se um conversor CC-CC entre o módulo fotovoltaico e a carga. Dessa forma, a partir das medidas do sistema (tensão, corrente, irradiação e temperatura), o algoritmo de MPPT varia o *Duty Cycle* do conversor para operar próximo ao ponto de máxima potência. Ilustra-se na Figura 3 um esquemático de um sistema fotovoltaico com rastreamento de máxima potência.

A técnica de MPPT P&O é largamente utilizada em dispositivos comerciais devido ao seu baixo custo, simplicidade e facilidade de implementação (FEMIA *et al.*, 2013). Esse algoritmo baseia-se em perturbar a razão cíclica do conversor e observar o efeito na potência de saída. Se esse valor é maior que o seu anterior, o algoritmo continua a perturbação na mesma direção. Caso contrário, a direção deve ser contrária. Quando a máxima potência é alcançada, o algoritmo de rastreamento fica oscilando em torno do ponto (Bouselham; Hajji; Hajji, 2016). O algoritmo proposto para o método P&O pode ser visto na Fig.5.

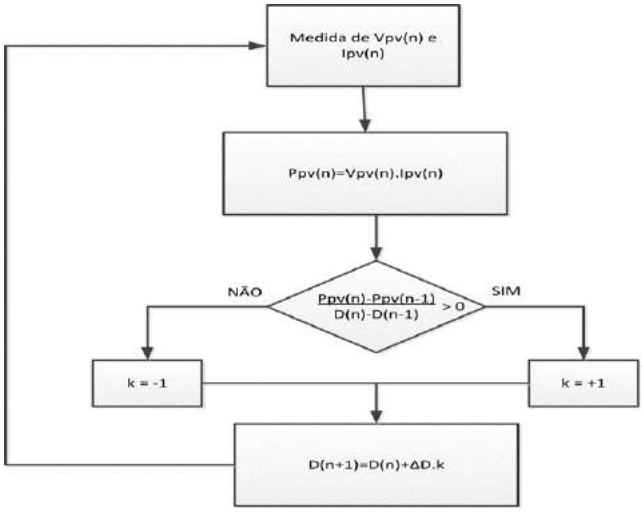


Figura 5.Algoritmo Método P&O (Stankiewicz, 2013).

2.4 Parâmetros de projeto

Apresenta-se na Tab. 1 os parâmetros elétricos do módulo fotovoltaico Kyocera KD 140SX (utilizado nesse estudo), os quais são disponibilizados pelo fabricante. Esses parâmetros são referidos as condições padrão de teste (STC - $25°C, 1000\ W/m^2$) e condições normais de operação da célula (NOCT - $45°C, 800\ W/m^2$).

Parâmetro	STC	NOCT
Potência máxima	$140\ W$	$101\ W$
Tensão de máxima potência	$17{,}7\ V$	$16\ V$
Corrente de máxima potência	$7{,}91\ A$	$6{,}33\ A$
Tensão de circuito aberto	$22{,}1\ V$	$20{,}2\ V$
Corrente de curto-circuito	$8{,}68\ A$	$7{,}03\ A$
Coeficiente de temperatura de circuito aberto	$-0{,}08\ V/°C$	$-0{,}08\ V/°C$
Coeficiente de temperatura de curto-circuito	$0{,}00521\ A/°C$	$0{,}00521\ A/°C$

Tabela 1. Parâmetros do painel fotovoltaico Kyocera KD 140SX.

O projeto dos conversores Buck e Boost foram desenvolvidos baseados na metodologia proposta em Mohan, Undeland e Robbins (2003) e Martins e barbi (2006), conforme parâmetros apresentados na Tab. 2.

Grandeza	Buck	Boost
Potência de entrada (P_{in})	$100\ W$	$100\ W$
Tensão de entrada (V_{in})	$12 - 24\ V$	$14 - 28\ V$
Tensão de entrada (V_{out})	$12\ V$	$28\ V$
Frequência de chaveamento (f_s)	$30\ kHz$	$30\ kHz$
L_i, C_i	$24{,}77\ \mu H, 470\ \mu F$	–
L, C	$240\ \mu H, 470\ \mu F$	$653{,}3\ \mu H, 470\ \mu F$
Resistência de carga (R_{mpp})	$1{,}04\ \Omega$	$5{,}6\ \Omega$

Tabela 2. Parâmetros de projeto dos conversores Buck e Boost.

A bancada experimental com os conversores, microcontrolador e cargas pode ser vista na Fig. 6.

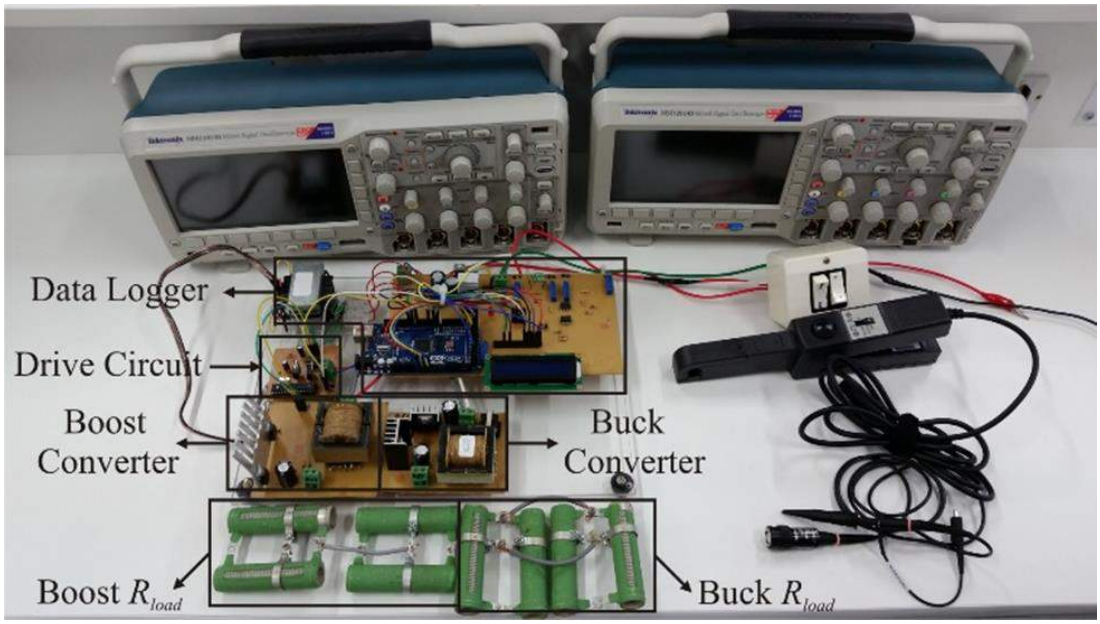


Figura 6. Bancada experimental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conectou-se a banca experimental de testes ao módulo fotovoltaico KD 140SX das 13:00 até 15:30 em 22/05/2017. Durante os testes, a irradiação solar (S_avg) apresentou um comportamento constante com uma temperatura estabilizada (T_avg).

Apresenta-se nas Fig. 7 e 8 as medições da técnica de MPPT P&O aplicada aos conversores Buck e Boost, respectivamente. O tempo total de amostragem é de 80 s com um passo de 0,016 s. Para reduzir o ruído, aplicou-se um filtro média móvel de 3 amostras por meio do software MATLAB.

A performance da técnica P&O aplicada aos conversores Buck e Boost apresentou o comportamento esperado para um dia de testes com irradiação e temperatura constantes, uma vez que as Fig. 7 e 8 ilustram uma oscilação contínua em torno do ponto de máxima potência, o que e uma característica intrínseca do método.

Com o objetivo de comparar a eficiência dos dois sistemas (P&O/Buck e P&O/Boost), utilizaram-se dois critérios de comparação: tracking factor (TF) do algoritmo e eficiência de conversão (η_conversor) (BRITO, 2011). A performance do sistema (η_sistema) pode ser calculada por meio de: TF·η_conversor. Apresenta-se na Tab. 3 os resultados da técnica P&O aplicada a cada conversor.

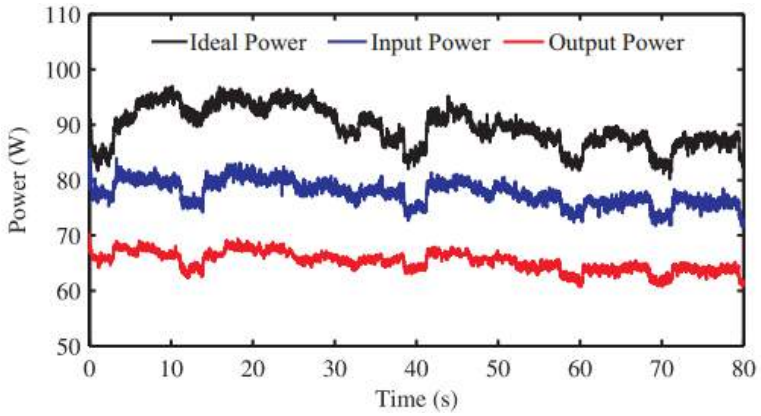


Figura 7. Conversor Buck operando com a técnica de MPPT P&O. $S_{avg} = 708{,}58\ W/m^2, T_{avg} = 37{,}05°C$

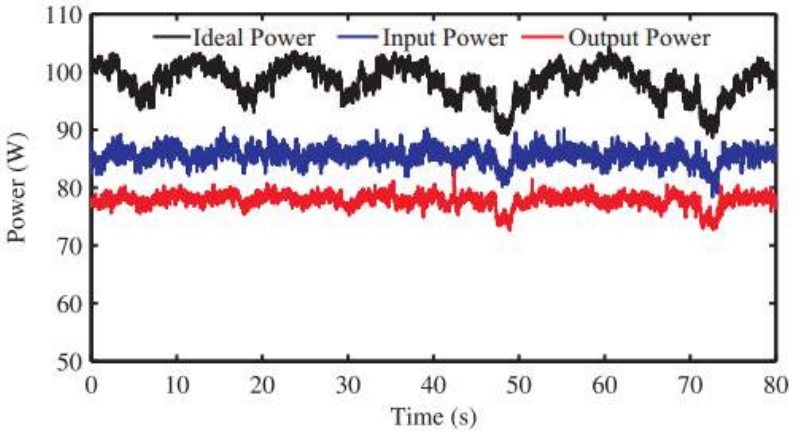


Figura 8. Conversor Boost operando com a técnica de MPPT P&O. $S_{avg} = 800{,}59\ W/m^2, T_{avg} = 40{,}00°C$

Conversor	TF	$\eta_{conversor}$	$\eta_{conversor}$
Buck	86,73%	84,05%	72,90%
Boost	86,87%	90,93%	78,99%

Tabela 3. Comparativo de eficiência dos conversores e método MPPT

4. CONCLUSÃO

Desenvolveu-se primeiramente o projeto do circuito de potência dos conversores Buck e Boost e comprovou-se seu funcionamento em malha aberta via simulação computacional e implementação prática. Posteriormente, implementou-se

a técnica de rastreamento de máxima potência Perturba e Observa com o objetivo de controlar a razão cíclica dos conversores, analisando-se o seu comportamento dinâmico.

Para comparar os resultados obtidos, desenvolveu-se a modelagem matemática do módulo fotovoltaico em análise e aplicou-se o método dos mínimos quadrados não-lineares usando-se o método numérico de Gauss-Newton para determinar os parâmetros desconhecidos do modelo do diodo único. Verificou-se que todas as curvas $I - V$ aproximaram-se das fornecidas pelo fabricante, apresentando um erro médio menor que 5% para as 5 curvas.

Por fim, comparou-se o desempenho dos conversores Buck e Boost quando controlados por meio da técnica Perturba e Observa. Analisou-se que o conjunto Boost/P&O apresentou o maior índice de conversão da energia fornecida pelo módulo fotovoltaico KD 140SX, atingindo aproximadamente 79% de eficiência.

5. REFERÊNCIAS

Bouselham, B., Hajji, B., Hajji, H. 2015. *"Comparative study of different MPPT methods for photovoltaic system"*. 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference, pages 1–5, Marrakech, 2015.

Coelho, R. F. "*Estudo dos Conversores Buck e Boost Aplicados ao Rastreamento de Máxima Potência de Sistemas Solares Fotovoltaicos"*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Instituto de Eletrônica de Potência INEP, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

Lyden, S.,Haque, M. E. *"Maximum Power Point Tracking techniques for photovoltaic systems: A comprehensive review and comparative analysis"*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, vol. 52, issue C, pages 1504-1518.

Stankiewicz, A. L. "*Estudo comparativo de técnicas de rastreamento de máxima potência para geração de energia solar fotovoltaica"*. Dissertação de Mestrado. FURB, Blumenau: 2013.

Tolmasquim, M. T. "*Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.)"*. – EPE: Rio de Janeiro, 2016

Martins, D. C., Barbi, I."*Eletrônica de Potência: Conversores CC-CC Básicos Não Isolados"*. 2ª edição. Florianópolis: Ed. dos Autores, 2006.

Mohan, N.; Undeland, T. M.; Robbins, W. P. "*Power Electronics: Converters, Applications and Design"*. 3a. ed. New York: Wiley, 2003.

Silva, E. A., Bradaschia, F., Cavalcanti, M. C., Nascimento, A. J."*Parameter Estimation Method to Improve the Accuracy of Photovoltaic Electrical Model"*. IEEE Journal of Photovoltaics, 6(1):278–285, 2016.

Uddin, M. H., Baig, M. A., Ali, M. "*Comparision of 'Perturb & Observe' and 'Incremental Conductance', Maximum Power Point Tracking algorithms on real environmental conditions"*. International Conference on Computing, Electronic and Electrical Engineering, pages 313–317, 2016.

Villalva, M. G., Gazoli, J. R., Filho, E. R. "*Modeling and circuit-based simulation of photovoltaic arrays"*. Brazilian Power Electronics Conference, pages 1244–1254, 2009.

Villalva, M. G., Gazoli, J. R., Filho, E. R. *"Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays"*. IEEE Transactions on Power Electronics, 24(5):1198–1208, 2009.

6. RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO PARA PLATAFORMAS HIL DE BAIXO CUSTO

Deividi Felipe Zaions
Adilson Luis Stankiewicz
Cicero José Matuella Moreira
Cássio Luciano Baratieri
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner. Erechim, RS.
deividizaions@hotmail.com, cassiobaratieri@uricer.edu.br, adilsonluis@uricer.edu.br, cicero@uricer.edu.br.

Resumo. *Plataformas Hardware-In-the-Loop (HIL) são dispositivos simuladores em tempo real de sistemas modelados. As plataformas executam o comportamento de determinada planta podendo efetuar a troca de sinais com dispositivos externos por meio de conversores e interfaces de comunicação. Atualmente, esse tipo de tecnologia apresenta um alto custo comercial, disponibilizado por poucos fabricantes. Tendo isso em vista, esse estudo propõe o desenvolvimento de uma emulação do motor de indução trifásico aplicável a uma plataforma microprocessada de baixo custo. A simulação da plataforma HIL visa determinar o seu desempenho quando comparado com dados reais e com o modelo de simulação do motor disponível no programa PSIM. Para isso, é determinado a modelagem matemática do motor de indução trifásico em coordenadas dq0, representando tais equações em funções de estado. Após, aplica-se o método de discretização de Euler. Como última etapa executa-se a emulação da plataforma HIL a partir do programa PSIM. Por fim, resultados de simulação são apresentados para demonstrar o desempenho operacional da plataforma, bem como identificar as limitações que restringem a adequada representação do comportamento dinâmico do motor em estudo. Nota-se que para a frequência de amostragem de 50 kHz demonstra boa fidelidade de simulação.*

Palavras chave: *Plataforma HIL, simulador em tempo real, motor de indução trifásico, frequência de amostragem.*

1. INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo novas tecnologias são desenvolvidas com a intenção de facilitar as tarefas do dia-a-dia. Diversas áreas do conhecimento são pesquisadas para o desenvolvimento de inovações e aprimoramentos aos dispositivos utilizados tanto na área industrial quanto residencial.

Quando trata-se de procedimentos industriais, um item indispensável é o motor de indução trifásico. Responsável pela conversão de potência elétrica em mecânica, esse motor oferece diversas vantagens, tendo um baixo custo de manutenção, construção simples e operação robusta (Krause et al., 2002). Entretanto, a maior fragilidade fundamenta-se em seu modo de funcionamento, onde, devido sua característica construtiva e de alimentação nominal, opera em velocidade constante.

Uma alternativa para contornar o problema de velocidade fundamenta-se nos conversores estáticos aliados a sistemas de controle embarcados. Com os avanços da eletrônica de potência, o acionamento de motores por meio desse método teve seu custo reduzido, permitindo um controle de alta eficiência sobre a velocidade do motor de indução com desempenho satisfatório perante aos motores de corrente contínua (Pontes et al., 2004).

Para um adequado projeto sobre um motor de indução trifásico, a simulação do mesmo é um item imprescindível. Nos últimos anos, simuladores apresentam-se como uma peça crucial no projeto e desenvolvimento de sistemas elétricos. A partir da evolução das ferramentas de simulação, aliada ao crescimento da capacidade computacional de dispositivos eletrônicos, diferentes ambientes, com condições especiais de operação, podem ser emulados.

O *Hardware-In-the-Loop* (HIL) é uma forma de simulação em tempo real. Sua ideia básica situa-se na inserção de elementos físicos reais em conjunto com um laço de simulação. Com isso, ao invés de simular todos os elementos constituintes de um sistema, parte dele pode ser simulado e a outra pode operar externamente de modo independente. O sistema HIL torna-se interessante quando se enfrenta situações onde elementos físicos de um sistema tem difícil modelagem, seja por complexidade, inviabilidade ou pela relação custo-benefício. Além disso, sistemas embarcados de controle podem ser testados sobre o dispositivo HIL, que terá seu comportamento dinâmico idem a planta, atuador ou sensor do sistema (Pizetta et al., 2012).

Dessa forma, a simulação de máquinas de indução baseadas em HIL traz a possibilidade da avaliação do comportamento dinâmico de novos controladores, sistemas de acionamento e proteção de um modo prático e econômico, antes mesmo de aplica-los em um sistema real.

Nesse sentido, esse trabalho propõe o estudo do comportamento dinâmico de um motor de indução trifásico para plataformas HIL de baixo custo, visando estabelecer os requisitos necessários pela plataforma a fim de reproduzir o motor de modo satisfatório.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Ao propor o estudo do comportamento dinâmico do motor de indução trifásico para plataformas HIL leva-se em consideração a necessidade de uma estrutura sistemática metodológica que abrange a emulação em todos os seus aspectos. A partir dela, organiza-se o modelo a fim de atender os objetivos do estudo e definir suas limitações.

O modelo matemático do motor está diretamente vinculado com a precisão almejada, sendo que, por meio de considerações e aproximações, o mesmo pode ser simplificado. Frequentemente utiliza-se a abordagem de equações diferenciais para a descrição do comportamento dinâmicos de máquinas elétricas. Em seu auxílio, faz-se uso de artifícios matemáticos para manipulação de grandezas com intuito de maior simplificação, como por exemplo a Transformada de Clark e Park (Krause et al., 2002).

Contudo, a implementação computacional do modelo exige a adequação das equações matemáticas. Embora a solução analítica de equações diferenciais seja desejável, nem sempre é aplicável. Para o caso do modelo matemático do motor de indução trifásico, raramente utiliza-se sua solução analítica, pois a mesma requer condições de contorno específicas. Em contrapartida, métodos numéricos são usualmente utilizados para sanar tal adversidade. A partir das equações de diferenças que regem o comportamento dinâmico do motor, pode-se solucioná-lo por meio de métodos iterativos programáveis como Euler, Runge-Kutta, Newton, Bisseção, entre outros.

2.1 Metodologia de Simulação

A metodologia da simulação compreende uma série de passos, Law e Kelton (2000) demonstram as etapas necessárias para o desenvolvimento de uma plataforma de simulação. Essas estas podem ser descritas na seguinte forma: formulação do problema e planejamento do estudo; coleta de dados e definição do modelo; validação do modelo conceitual; construção do programa computacional e verificação; realizações de execuções piloto; validação do modelo programado; projeto experimentais; realização das execuções de simulação.

Ressalta-se que para o presente estudo executa-se a simulação da simulação em tempo real HIL, não contemplando as etapas de projeto experimental e de execução da simulação.

2.2 Modelo matemático do motor de indução trifásico

Para a definição do modelo matemático do comportamento dinâmico do motor de indução trifásico analisa-se a literatura presente. Dentre as diversas aproximações, escolhe-se para esse estudo o modelo desenvolvido por Ong (1997) e Krause et al. (2002). O modelo exposto pelos autores tem excelente relação entre desempenho e simplicidade, em que o objetivo de descrever o comportamento de um motor de indução trifásico é satisfeito plenamente, conforme explicitado por Duman et al. (2014) e Tavana e Dinahavi (2015).

O modelo é composto pela inicial análise das equações diferenciais que regem o comportamento dinâmico da máquina motriz, avaliando suas tensões e conjugado eletromecânico, exposto na Eq. 1 e Eq. 2.

$$\boldsymbol{v}_{abcs} = \boldsymbol{r}_s \cdot \boldsymbol{i}_{abcs} + \frac{d\boldsymbol{\lambda}_{abcs}}{dt} \tag{1}$$

$$\boldsymbol{v}_{abcr} = \boldsymbol{r}_r \cdot \boldsymbol{i}_{abcr} + \frac{d\boldsymbol{\lambda}_{abcr}}{dt} \tag{2}$$

Onde $\boldsymbol{v}_{abcs}$ é o vetor de tensões de fase no estator, $\boldsymbol{r}_s$ é a matriz de resistências no estator, $\boldsymbol{i}_{abcs}$ é o vetor de correntes no estator, $\boldsymbol{\lambda}_{abcs}$é o vetor de fluxos concatenados no estator, $\boldsymbol{v}_{abcr}$ é o vetor de tensões no rotor, $\boldsymbol{r}_r$ é a matriz de resistências do rotor, $\boldsymbol{i}_{abcr}$ é o vetor de correntes no rotor e $\boldsymbol{\lambda}_{abcr}$ é o vetor de fluxos concatenado no rotor.

Após referenciar as grandezas do rotor para o estator, a partir da Transformada de Park, Eq. 3, as variáveis associadas às componentes simétricas entre o estator e o rotor são atribuídas a um eixo de referência. Com isso, as indutâncias entre o rotor e o estator são relacionadas a este eixo e não mais a posição do rotor. Dessa forma, parâmetros variantes no tempo tornam-se invariantes, simplificando o modelo matemático.

$$\boldsymbol{K}(\omega) = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} \cos\theta & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ \cos\theta & \operatorname{sen}(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \operatorname{sen}(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \tag{3}$$

Sendo $\boldsymbol{K}(\omega)$ a matriz de transformação de abc para dq0, ω a velocidade angular de referência e θ a posição angular de referência.

Uma vez estabelecidas as equações relacionadas ao eixo de referência com a transformada de Park, representa-se as equações em funções de estado. As funções de estado são definidas a partir de suas variáveis de estado, sendo que essas podem definir o comportamento dinâmico do modelo. A Eq. 4 demonstra o modelo das funções de estado.

$$\begin{aligned} \dot{\boldsymbol{x}} &= \boldsymbol{A}\boldsymbol{x} + \boldsymbol{B}\boldsymbol{u} \\ \boldsymbol{y} &= \boldsymbol{C}\boldsymbol{x} + \boldsymbol{D}\boldsymbol{u} \end{aligned} \tag{4}$$

Onde, $\dot{\boldsymbol{x}}$ é o vetor das derivadas das variáveis de estado com relação ao tempo, $\boldsymbol{A}$ é a matriz de estado, $\boldsymbol{x}$ é o conjunto de variáveis de estado, $\boldsymbol{B}$ é a matriz de entrada, $\boldsymbol{u}$ é a entrada da sistema, $\boldsymbol{y}$ é a saída do sistema, $\boldsymbol{C}$ é a matriz de saída e $\boldsymbol{D}$ é a matriz de transferência direta.

2.3 Determinação das equações de diferenças

Ao analisar as equações obtidas em coordenadas dq0 observa-se que as mesmas são de primeira ordem. Dentre os métodos numéricos de solução, o método de Euler apresenta-se como uma opção simples, e já aferido pela literatura para simulação de motores de indução trifásicos em plataformas HIL, como demonstram Dufour et al. (2003) e Tola e Sengupta (2012).

Para a discretização e solução do modelo matemático utiliza-se da metodologia demonstrada por Chapra e Canale (2011). Seu método generalizado é explicitado na Eq 5.

$$y_{i+1} = x \cdot T_s + y_i \tag{5}$$

Onde y_{i+1} corresponde a função a ser calculada, x é a entrada, T_s é o período de amostragem e y_i é o valor atual da função.

2.4 Determinação dos parâmetros do motor de indução trifásico

Segundo Umans (2014), os parâmetros do circuito equivalente de máquinas elétricas são necessários para calcular seu desempenho. Os ensaios usualmente aplicados às máquinas são para quando a mesma opera a vazio, ou seja, sem carga, e quando tem seu rotor bloqueado. Para um modelo com exatidão, as perdas suplementares devem ser levadas em consideração, porém, o escopo desse estudo não contempla tais fatores.

O ensaio a vazio sobre um motor de indução fornece informações sobre a corrente de excitação e as perdas a vazio. Como padrão, esse ensaio geralmente é executado sob tensões equilibradas e frequência nominal. Devido ao fato de que o motor deve produzir um conjugado mínimo para superar as perdas por atrito, as perdas relacionadas ao rotor são desconsideráveis. Em contrapartida, as correntes no estator apresentam maior magnitude, uma vez que obtem-se uma corrente de excitação significativa devido ao entreferro. Logo, para uma correta avaliação, as perdas sobre o estator devem ser levadas em consideração no ensaio a vazio.

Com o ensaio de rotor bloqueado pode-se obter as informações sobre as impedâncias de dispersão do motor de indução trifásico. Neste ensaio, tensões trifásicas equilibradas são aplicadas aos terminais do estator que tem seu rotor bloqueado.

2.5 Simulação e emulação da plataforma HIL no programa PSIM

A partir dos parâmetros obtidos nos ensaios do motor de indução trifásico, pode-se configurar o modelo desse motor adequadamente no PSIM. O programa dispõe do modelo linear do motor de indução trifásico na configuração gaiola de esquilo sem saturação, o qual corresponde ao modelo pretendido na plataforma HIL. Esse então é utilizado para a validação dos parâmetros obtidos, realizando a comparação entre a forma de onda da corrente de fase obtida em teste experimentais e a forma de onda proveniente da simulação.

Para a execução da emulação da plataforma HIL no programa PSIM, deve-se considerar que a referência de tempo de execução é o próprio tempo de simulação do programa. Para uma emulação satisfatória, o HIL deve executar sua rotina em um intervalo de tempo hábil a fim de cumprir as condições de precisão e fidelidade do motor real e do motor presente no programa PSIM.

Logo, a frequência de amostragem dos resultados obtidos na emulação HIL é a frequência de iteração do método numérico utilizado. Quanto maior a frequência, mais aproximado tem-se os resultados, porém a exigência computacional aumenta significativamente.

Uma vez com o sistema emulador da plataforma HIL devidamente configurado no programa PSIM, pode-se então realizar testes comparativos ao modelo presente no programa e com o teste experimental para uma determinada frequência de amostragem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos são a partir do comportamento dinâmico do motor de indução trifásico da fabricante EBERLE de modelo S 71 A4 E761. Inicialmente, é apresentado as características do motor em estudo quanto a sua placa de identificação. Para a simulação, os ensaios a vazio e de rotor bloqueado são realizados para aquisição dos parâmetros não fornecidos pelo fabricante.

Para a validação dos parâmetros a serem adotados no estudo, é efetuado a simulação do motor de indução utilizando os parâmetros oriundos dos ensaios experimentais. Para simular uma operação real e validar os ensaios, adotou-se o comportamento dinâmico associado à partida direta do motor de indução trifásico.

Por fim, efetuou-se a avaliação do desempenho operacional que emula o HIL. Os parâmetros validados a partir do programa PSIM são inseridos na plataforma simulada. Por meio da DLL, diferentes passos de simulação são aplicados, onde visando verificar quais são as limitações e exigências da plataforma HIL para representar o comportamento dinâmico do motor de indução trifásico de maneira satisfatória.

3.1 Motor de indução trifásico EBERLE

Os dados da placa de identificação do motor, bem como os parâmetros obtidos por meio dos ensaios experimentais, estão expostos na Tab. 1.

Tabela 1. Dados operacionais do motor de indução trifásico.

Nome do fabricante	EBERLE
Tipo de motor	Motor de Indução trifásico
Modelo do motor (MOD)	S 71 A4 E761
Número de série (N°)	1095
Potência nominal (cv)	0,5
Tensão nominal em que o motor pode operar (V)	220Δ/380Y
Número de fases	3
Corrente nominal (A)	1,9Δ/1,1Y
Frequência da rede de alimentação (Hz)	60
Velocidade de rotação nominal (rpm)	1700
Classe de temperatura de isolação (ISOL)	B
Categoria de desempenho (CAT)	N
Relação entre a corrente do rotor bloqueado e a corrente nominal (Ip/In)	5
Grau de proteção do motor (IP)	54
Regime tipo (REG)	S1
Fator de serviços (FS)	1
Resistência do Estator (Ω)	20
Resistência do Rotor (Ω)	6,166
Indutância do Estator (mH)	29,341
Indutância do Rotor (mH)	29,341
Indutância de Magnetização (mH)	57,415

3.2 Validação dos parâmetros

Como objetivo inicial, buscou-se validar os parâmetros obtidos pelos ensaios realizados com um programa de simulação de referência. Escolheu-se o programa PSIM devido sua interface de fácil configuração e desempenho satisfatório.

Primeiramente, efetuou-se a partida direta do motor de indução trifásico na configuração Y por intermédio de uma contatora. Utilizou-se o osciloscópio TBS 1102, da marca Tektronix, para obter-se a forma de onda do período transitório ao regime permanente.

Para a simulação no programa PSIM, utilizou-se da alimentação trifásica com tensão equivalente a aplicada na partida do motor, 377,8 V, uma chave bidirecional acionada por meio de um sinal do tipo degrau, um motor de indução sem saturação configurado com os parâmetros coletados, um sensor de velocidade e uma carga com coeficiente de atrito de 0,001 kgm²/s.

Com os parâmetros do motor real, definiu-se o passo de simulação do programa PSIM em 1 µs e comparou-se o comportamento dinâmico do modelo mostra no programa com os resultados obtidos em laboratório. A Fig. 3 representa os resultados obtidos, onde nota-se que em momento inicial, durante o período transitório, o comportamento assemelha-se ao programa de simulação, tanto em questões de fase quanto magnitude. Ao analisar o regime permanente, pode-se concluir que ambos apresentam o mesmo comportamento.

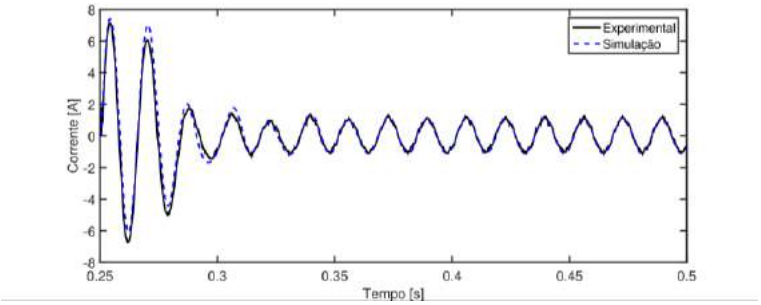


Figura 3. Comparação da corrente de fase do motor de indução trifásico real e o modelo do programa PSIM.

3.3 Emulação da plataforma HIL no programa PSIM

Para a emulação da plataforma HIL, utiliza-se do princípio de que o programa PSIM irá desempenhar o ambiente real. O intervalo de tempo transcorrido pelo programa corresponde diretamente ao tempo real de execução do mesmo, onde a plataforma emulada deve realizar seus cálculos e representar suas saídas.

O algoritmo do comportamento dinâmico do motor é elaborado a partir do programa Dev-C++, na versão 5.3.0.4, inserido em uma DLL.

Com os parâmetros coletados nos ensaios a vazio e de rotor bloqueado configurados na DLL, aplica-se a mesma entrada de tensão na plataforma HIL e no modelo do motor de indução trifásico do PSIM. A Figura 4 expõe o diagrama de simulação.

Inicialmente compara-se a corrente de fase da emulação com a simulação do motor, onde tal grandeza é obtida a partir de uma partida direta em Y. A Figuras 6 e 7 representam os resultados obtidos para uma frequência de 50 kHz na plataforma HIL para a corrente de fase e torque eletromagnético, respectivamente.

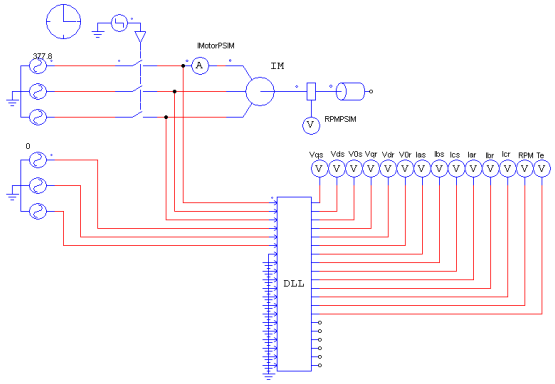


Figura 4. Emulação da plataforma HIL no programa PSIM.

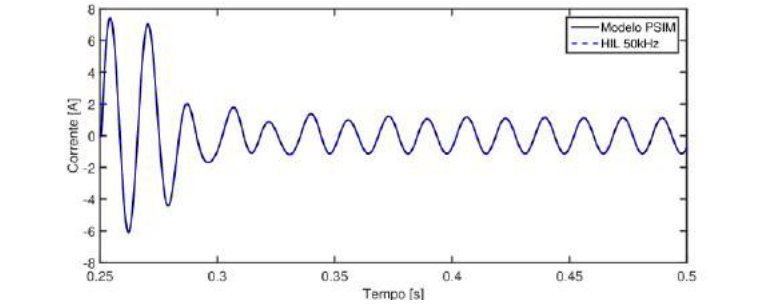


Figura 5. Comparação da corrente de fase do motor de indução trifásico no programa PSIM e o HIL em 50 kHz.

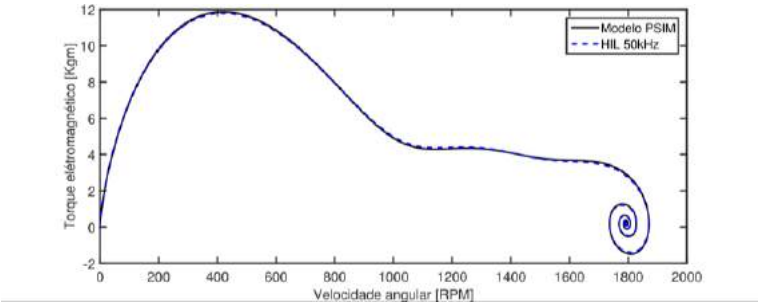


Figura 6. Comparação do torque eletromagnético no motor de indução trifásico no programa PSIM e o HIL em 50 kHz.

A partir das análises efetuadas, comprova-se que a plataforma HIL pode descrever adequadamente o comportamento dinâmico de um motor de indução trifásico, tanto em quesitos elétricos quanto mecânicos, para frequências de execução acima de 50 kHz. Isso determina a necessidade de uma plataforma HIL capaz de realizar a aquisição de dados, processamento de informações e amostragem dos resultados em um período igual ou menor a 20 µs. A partir disso, pode-se então buscar dispositivos eletrônicos capazes de atingir esse objetivo e representar de modo satisfatório o comportamento dinâmico do motor de indução trifásico.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho propôs o estudo do comportamento dinâmico de um motor de indução trifásico para plataformas HIL de baixo custo. Por meio de uma metodologia de simulação, executou-se a emulação de uma plataforma HIL para motores de indução trifásicos com o intuito de avaliar o desempenho e seus requisitos para o futuro desenvolvimento de uma plataforma de baixo custo.

Os parâmetros utilizados nas simulações foram obtidos a partir de ensaios com o motor da fabricante EBERLE de modelo S 71 A4 E761, e validados por meio do programa PSIM. Com isso comprovou-se a eficácia dos parâmetros determinados, assim como a boa precisão do programa para futuras comparações de desempenho.

A plataforma HIL foi emulada no programa PSIM, comparada com o mesmo para sua validação. Os resultados demonstrados demonstram a ótima eficácia da plataforma na representação do comportamento dinâmico do motor.

Em geral é possível afirmar que a metodologia, bem como todos os objetivos foram alcançados, o que constata que os resultados da emulação podem ser aplicados a um dispositivo microprocessado.

5. REFERÊNCIAS

Chapra, S.C., Canale, R.P., 2011. *Métodos Numéricos para Engenharia*. AMGH, Porto Alegre, 5 ª edição.

Dufour, C., Abourida, S., Bélanger, J., 2003. Real-time simulation of induction motor IGBT drive on a PC-cluster. *International Conference on Power Systems Transients*, Nova Orleans, EUA.

Duman, E., Can, H. e Akin, E., 2014. FPGA based hardware-in-the-loop (HIL) simulation of induction machine model. *16th International Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition*. Antália, Turquia.

Krause, P.C., Wasynczuk, O. e Sudhoff, S.D., 2002. *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*. IEEE, Nova Jersey, 3ª edição.

Law, A.M. e Kelton, W.D., 2000. *Simulation Modelling and Analysis*. McGraw Hill Higher Education, Singapura, 3ª edição.

Pizetta, I.H.B., Brandão, A.S., Sarcinelli, Filho, M.S. e Carelli, R., 2012. Uma plataforma Hardware-In-Loop para VANTs de asas rotativas. *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Automática*. Campina Grande, Brasil.

Pontes, R.S.T, Neto, T.R.F. e Menezes, L.M., 2004. Modelagem e Simulação do Motor de Indução Trifásico nas Notações Trifásica e Coordenadas dq0. *Revista Tecnologia*. Vol. 25, p. 8-17.

Tavana, N.R. e Dinavahi, V., 2015. A General Framework for FPGA-Based Real-Time Emulation of Electrical Machines for HIL Applications. *IEEE Transactions of Industrial Electronics*. Vol. 62, p. 2041-2053.

Tola, S., Sengupta, M., 2012. Real-time simulation of an induction motor in different reference frames on a FPGA platform. *IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems*. Bengaluru, India.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso nesse trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

MODELAGEM MATEMÁTICA CAIXA BRANCA DO MÓDULO FOTOVOLTAICO KD140SX

Afonso Carlos Hinkel Júnior
Leandro Benhur Klinger Fisch
Cicero José Matuella Moreira
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demoliner, Erechim, RS, 99704380
leandrofisch1@gmail.com; cicero.matematica@gmail.com

Resumo.
Sistemas fotovoltaicos se apresentam como uma solução de energia limpa e renovável. Para que se possa prever o comportamento de módulos fotovoltaicos em diferentes condições de temperatura, irradiação e demais circunstâncias de funcionamento é possível recorrer à modelagem matemática caixa branca. Toma-se como base o modelo do diodo único e, a partir deste, aplica-se os princípios da caixa branca, a qual requer amplo conhecimento dos fenômenos físico-químicos existentes no objeto de estudo. Adotando a lei de Kirchhoff das correntes, encontra-se a equação característica do módulo. Empregando os conhecimentos técnicos e práticos que envolvem o sistema, expande-se os termos generalistas em parâmetros mais específicos. Aplica-se o método numérico de Newton-Raphson na equação obtida e simula-se no software MATLAB. Os gráficos V-I característicos do módulo fotovoltaico são encontrados e comparados com as informações extraídas da folha de dados do painel fotovoltaico. Os resultados obtidos, tanto qualitativamente, através de análise visual das curvas, quanto quantitativamente, por meio do Coeficiente R^2, apontam notável similaridade entre os dados, demonstrando a aplicabilidade deste modelo matemático em sistemas fotovoltaicos reais.

Palavras-chave: *energia fotovoltaica, métodos numéricos, Newton-Raphson, MATLAB.*

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda de energia elétrica no planeta torna iminente a busca por fontes alternativas de energia. Dentre elas, a energia solar fotovoltaica utiliza a energia mais abundante do planeta, provida pelo sol através de luz e calor, e é a única que pode ser usada em qualquer local, gerando eletricidade no próprio ponto de consumo, sem necessidade de ser deslocada de um lado para o outro por linhas de transmissão (Villalva, 2014; Abade, 1996; El-Tayyan, 2006).

A energia elétrica fotovoltaica é gerada a partir da exposição de células fotovoltaicas à incidência de fótons, ou seja, a luz solar precipita a base da célula, que é constituída por uma junção p-n de um semicondutor, normalmente silício, gerando assim energia necessária para deslocar os elétrons de valência para a banda de condução. Com isso, os elétrons presentes no cristal tipo n são acelerados em direção ao cristal tipo p originando uma diferença de potencial (Stankiewicz, 2014; Coelho, 2008).

Ao conjunto de células fotovoltaicas dá-se o nome de módulo ou painel fotovoltaico. Nele, as células são acopladas em série e/ou paralelo. Os paineis comerciais possuem entre 28 e 40 células fotovoltaicas, que normalmente são conectadas em série para a obtenção de maiores tensões de saída, produzindo, assim, potência elétrica entre 50 a 250 W (Stankiewicz, 2013).

Para que se possa prever e analisar as características apresentadas de um sistema fotovoltaico em diferentes condições climáticas e problemas de dimensionamento do sistema, faz-se necessário obter um modelo matemático que descreva o seu comportamento.

A modelagem matemática é a área do conhecimento que estuda o desenvolvimento e a implementação de modelos matemáticos (Aguirre, 2004). Existem vários métodos de modelagem matemática, dentre elas destaca-se a modelagem matemática caixa branca. Nessa técnica o modelo obtido é baseado em leis e princípios físicos, desta forma, todos os parâmetros são conhecidos ou previamente determinados (Moreira, 2013). Para utilizar essa técnica é imprescindível ter um bom conhecimento acerca do sistema a ser modelado, bem como ter ciência das relações matemáticas que descrevem os fenômenos envolvidos (Aguirre, 2004). Portanto, faz-se necessário analisar algumas características elétricas influenciáveis do módulo, tanto das condições padronizadas de teste, quanto das condições reais de operação.

2. METODOLOGIA

Para obter o modelo que apresente as características de funcionamento de um painel fotovoltaico é necessário analisar minuciosamente as características físicas do painel. O objeto de estudo do trabalho é o módulo fotovoltaico KD140SX. Este possui a tecnologia de silício policristalino e é composto por 36 células acopladas em série (Kyocera, 2016). O fabricante fornece o *datasheet* que apresenta suas principais características de operação. Segundo Villalva (2014), as condições padronizadas de teste são referidas pela sigla STC (*Standard Test Conditions*), visto que os fabricantes desse tipo de equipamento utilizam valores de referência padronizados, tais como: radiação solar 1000 W/m² e temperatura 25 ˚C. A sigla NOCT (*Normal Operation Cell Temperature*), por sua vez, representa a tensão, a corrente e também a potência para uma radiação solar de 800 W/m2 e temperatura ambiente de 48,4 ˚C (Villalva, 2014). A Tab. 1 apresenta alguns dados fornecidos pelo fabricante em STC e NOCT.

Tabela 1 - Dados técnicos - módulo fotovoltaico KD140SX

Parâmetros	**Símbolo**	**STC**	**NOCT**
Máxima potência	P_{max}	140 W	101 W
Tensão de máxima potência	V_{mp}	17,7 V	16 V
Corrente de máxima potência	i_{mp}	7,91 A	6,33 A
Tensão de circuito aberto	V_{oc}	22,1 V	20,2 V
Corrente de curto circuito	i_{cc}	8,68 A	7,03 A
Eficiência	-	13,9 %	12,6 %
Coeficiente de temperatura – tensão	μ_v	- 0,08 $\frac{V}{°C}$	- 0,08 $\frac{V}{°C}$
Coeficiente de temperatura – corrente	μ_i	0,00521 $\frac{A}{°C}$	0,00521 $\frac{A}{°C}$

A fim de obter um modelo mais aproximado do que acontece na realidade, Villalva, Gazoli e Ruppert (2009), assim como De Soto (2004), propôs o modelo fotovoltaico do diodo único, que leva em conta no circuito um diodo, uma fonte de corrente em paralelo, uma resistência em paralelo, além de uma resistência em série, como segue na Fig. 1:

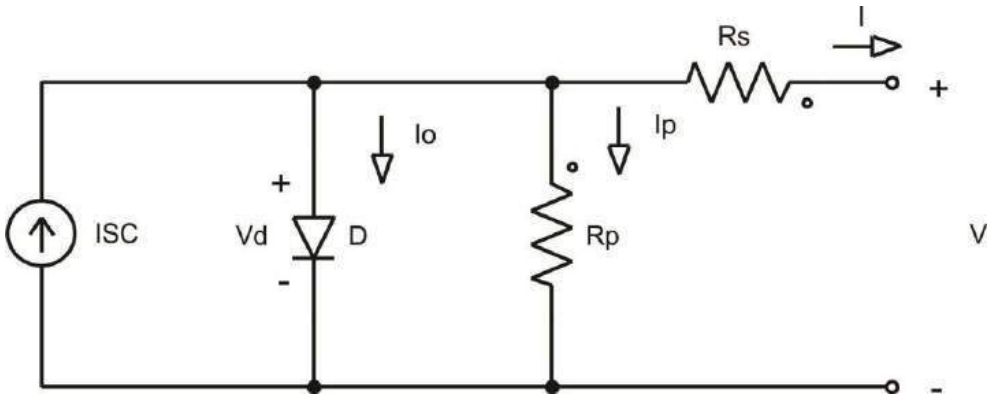


Figura 1 - Modelo do diodo único - circuito equivalente

Com a aplicação da lei de Kirchhoff das correntes obtém-se a Eq. (1):

$$I = I_{SC} - I_D - I_P \tag{1}$$

Onde I é a corrente elétrica gerada pelo módulo. Os termos I_{SC}, corrente fotogerada, I_D, corrente no diodo, e I_P, corrente de fuga, ainda podem ser expandidos conforme Eq. (2), (3) e (4)

$$I_{SC} = [I_{CC} + \mu_I.(T - T_{REF})].\frac{S}{S_{REF}} \tag{2}$$

$$I_D = I_O.\left(e^{\frac{q.(V+I.\ R_S)}{A.K.T.n_s}} - 1\right) \quad (3)$$

$$I_P = \frac{V + I.R_S}{R_P} \quad (4)$$

Onde I_{CC} é a corrente de curto circuito, μ_I é o coeficiente térmico de corrente, T e T_{REF} são respectivamente a temperatura real e temperatura de referência e S e S_{REF} são, nessa ordem, a irradiação real e a irradiação de referência. Na Eq. (2) I_O é a corrente de saturação reversa, q é a carga do elétron, V é a tensão do modulo, R_S é a resistência série, A é o fator de idealidade, K é a constante de Boltzmann, n_S é o número de células e R_P é a resistência paralela do circuito.

Na Eq. (3), Villalva, Gazoli e Ruppert (2009) consideram a corrente de saturação reversa, I_0, não como uma constante, mas sim como uma variável, definida pela Eq. (5):

$$I_O = \frac{I_{CC} + \mu_I.(T - T_{REF})}{e^{\frac{q.(V_{OC}+\mu_V.(T-T_{REF})}{A.K.T.n_s}} - 1} \quad (5)$$

Onde V_{OC} é a tensão de circuito aberto e μ_V é o coeficiente térmico para tensão.

Dessa forma, obtém-se o modelo matemático de paineis fotovoltaicos deduzido por Villalva, Gazoli e Ruppert (2009):

$$I = [I_{CC} + \mu_I.(T - T_{REF})].\frac{S}{S_{REF}} - \left(\frac{I_{CC} + \mu_I.(T - T_{REF})}{e^{\frac{q.(V_{OC}+\mu_V.(T-T_{REF})}{A.K.T.n_s}} - 1}\right).\left(e^{\frac{q.(V+I.\ R_S)}{A.K.T.n_s}} - 1\right) - \frac{V + I.R_S}{R_P} \quad (6)$$

2.1 Simulação computacional

A fim de validar o modelo em análise, recorreu-se ao *software* de simulação matemática MATLAB. Pela Eq. (6) se tratar de uma equação transcendente, cuja variável a ser calculada (corrente, *I*) encontra-se nos dois lados da igualdade, sem possibilidade de isolamento, faz-se necessário recorrer a métodos numéricos para calcular a corrente elétrica ponto a ponto. Dessa forma, utilizou-se o método iterativo de Newton-Raphson, caracterizado pela Eq. (7):

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)}, k \in \mathbb{N} \quad (7)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O equacionamento realizado prevê o funcionamento de qualquer sistema fotovoltaico. No caso desta pesquisa, o modelo matemático foi implementado no módulo KD140SX. Na Fig. 2 observam-se, em azul, as curvas com as características do módulo fornecidas pelo *datasheet* e, em vermelho, as curvas obtidas por meio do equacionamento.

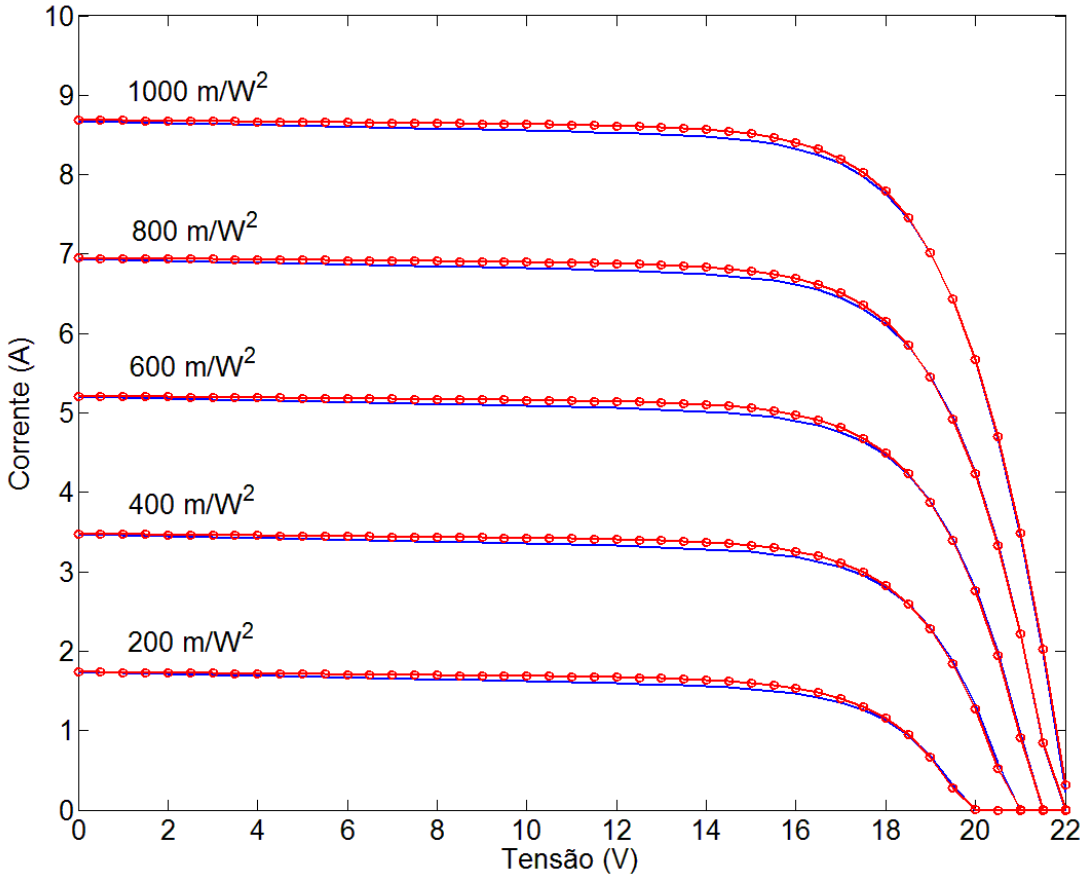


Figura 2. Comparativo entre o modelo obtido e os dados fornecidos pelo *datasheet*

Percebe-se, através da sobreposição dos gráficos, a semelhança entre as curvas. Essa similaridade pode ser confirmada na Tab. 2, a qual mostra, por meio do Coeficiente R², o quanto cada curva se ajusta ao gráfico das informações coletadas no *datasheet*, para os diferentes valores de irradiação solar.

Tabela 2. Ajuste de curvas - Coeficiente R²

Irradiação	**Percentual de ajuste entre os gráficos**
200 W/m²	99,82 %
400 W/m²	99,84 %
600 W/m²	99,85 %
800 W/m²	99,86 %
1000 W/m²	99,88 %

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou o estudo da modelagem caixa branca aplicada em módulos fotovoltaicos. Com a aplicação dessa técnica, é possível prever o funcionamento e eficiência de sistemas fotovoltaicos em diferentes condições climáticas.

Realizou-se a modelagem matemática baseada no modelo do diodo único, além de simular a equação obtida em *software* que permitiu análise qualitativa e quantitativa do modelo.

Observou-se grande similaridade entre os dados fornecidos pelo fabricante e a equação obtida, tanto qualitativamente, pela visualização da superposição das curvas, quanto quantitativamente, através do coeficiente R², demonstrando a eficiência do método para um módulo fotovoltaico aleatório. Com isso, é possível implementar o

modelo em qualquer sistema fotovoltaico, tendo condições de indicar quais condições e localização geográfica proporcionarão um maior rendimento à geração de energia.

5. REFERÊNCIAS

Abade, A. K., 1996. "*Energia solar fotovoltaica no Brasil: projetos pilotos ou um grande mercado?" Congresso Brasileiro de Energia*. Rio de Janeiro. Anais, UFRJ.

Aguirre, L. A., 2004. "*Introdução à Identificação de Sistemas Técnicas Lineares e Não-Lineares Aplicadas a Sistemas Reais"*. 2˚ edição revista e ampliada. Belo Horizonte: Editora UFMG.

Coelho, R. F., 2008. *Estudos dos Conversores Buck e Boost Aplicados ao Rastreamento de Máxima Potência de Sistemas Solares Fotovoltaicos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis – SC.

De Soto, W., 2004. *Improvement and Validation of a Model for Photovoltaic Array Performace*. Master of Sciense Thesis – Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison.

El-Tayyan A, 2006. *An Emperical model for generating the IV Characteristics for a photovoltaic System*.J. al-AqsaUniv.

Kyocera KD140SX UFBS, 2016. *High efficiency multicrystal photovoltaic module*. 2 de Maio de 2017 <http://www.australiansolar.com.au/images/Brochures/KD140SX-1FBS.pdf>.

Moreira, C. J. M., 2013. *Identificação de Modelos Lineares para Dinâmica de Elastomassas MEMS Utilizando Critérios da Modelagem Caixa Preta*. Dissertação de Mestrado em Modelagem Matemática, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ. Ijuí – RS.

Powersim, 2015. *PSIM User's Guide*.

Stankiewicz, A. L., 2013. *Estudo Comparativo de Técnicas de Rastreamento de Máxima Potência para Geração de Energia Solar Fotovoltaica*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Centro de Ciências Tecnológicas, Fundação Universidade Regional de Blumenau - FURB. Blumenau - SC.

Villalva, M. G., GAZOLI, J. R., RUPPERT, E. F., 2009. "*Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays"*. IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 24, No. 5.

Villalva, M. G., 2014. *Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações*. 1˚ edição. São Paulo: Editora Érica, 2014.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROLE PARA MEDICAMENTOS DE USO CONTÍNUO

Alex Henrique Marasca
Renato Weiller Dallagasparina
URI - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Câmpus I – Rua Assis Brasil, n° 709 – Bairro Itapagé CEP 98400-000, Frederico Westphalen - RS
alexmarasca@hotmail.com
renatowd@uri.edu.br

Amauri Fagundes Balotin
UPF - Universidade de Passo Fundo
BR 285 – São José CEP 99052-900, Passo Fundo - RS
amauribalotin@gmail.com

Resumo. *Este projeto parte do estudo do cotidiano de indivíduos que necessitam regularmente de substâncias controladas para amenizar, estabilizar ou cortar efeito de uma determinada doença. Por isso os medicamentos controlados devem ser sujeitados a um controle minucioso, para que o indivíduo não deixe de ingerir, e também não exceda a dosagem prescrita. Porém, o que normalmente acontece é o uso irracional de medicamentos, principalmente quando se trata de pessoas idosas. A porcentagem da população com faixa etária acima dos 60 anos vem aumentando, e consequentemente começam a fazer uso de um número maior de medicamentos com mais frequência. Desta forma, este projeto tem como objetivo desenvolver um sistema automático que seja capaz de fazer a gestão dos medicamentos. Para isso utiliza-se um microcontrolador e um relógio de tempo real (RTC) para o rigoroso controle de horários e dispensação dos medicamentos. Além disso, todos os dados gerados durante o processo serão enviados e armazenados em um servidor por meio de uma conexão à internet. Com isso será possível gerar relatórios e até mesmo criar sistemas de alerta que possibilitem a supervisão do consumo dos medicamentos por terceiros.*

Palavras-chave: *Medicamento Controlado, Microcontrolador, RTC.*

1. INTRODUÇÃO

Dentro do proposto pela Política Nacional de Medicamentos, o uso racional de medicamentos é o processo que compreende a prescrição apropriada, a disponibilidade oportuna, os preços acessíveis, a dispensação em condições adequadas e o consumo nas doses indicadas nos intervalos definidos e no período de tempo receitado. (Lage, Freitas, Acurcio, 2005).

Devido à necessidade encontrada no dia a dia de pessoas que necessitam de remédios controlados para o bem de sua saúde, e proporcionando agregar uma nova atividade para pessoas mais idosas, que atualmente não são dependentes de tecnologia, os recursos supracitados têm por interesse melhorar a qualidade de gerenciamento dos medicamentos controlados.

Neste projeto é abordado um sistema automático de controle para medicamentos de uso contínuo, visando atender a necessidade de indivíduos cujo medicamento controlado é de grande importância para seu organismo.

Considerando a importância que representa o uso correto de medicamentos entre a população idosa e a necessidade de se adotarem estratégias que visem a adesão ao tratamento e a utilização correta dos medicamentos, propõe-se, um sistema automático de controle de medicamentos de uso contínuo.

2. METODOLOGIA

2.1 Medicamentos

Medicamentos são produtos especiais elaborados com a finalidade de diagnosticar, prevenir, curar doenças ou aliviar seus sintomas, sendo produzidos com rigoroso controle técnico para atender às especificações determinadas pela própria Anvisa. O efeito do medicamento se deve a uma ou mais substâncias ativas com propriedades terapêuticas reconhecidas cientificamente, que fazem parte da composição do produto, denominadas fármacos, drogas ou princípios

ativos. Os medicamentos seguem a normas rígidas para poderem ser utilizados, desde a sua pesquisa e desenvolvimento, até a sua produção e comercialização. Para que os medicamentos tenham o efeito desejado, eles devem ser usados de forma correta e com orientação médica e farmacêutica (Anvisa, 2010).

A vasta gama de medicamentos, aliada com a deficiência no entendimento, esquecimento, diminuição da visão e aptidão manual que é característico do idoso, favorece para que haja um grande volume de falhas no gerenciamento de medicamentos. Além do que, complementa-se, em nossa realidade, alto índice de analfabetismo, o qual permite imiscuir-se o entendimento e compactuar ao uso incorreto do medicamento (Lage, Freitas, Acurcio, 2005).

2.2 Microcontrolador

Souza (2003) introduz microcontrolador como um pequeno componente eletrônico dotado de uma inteligência programável, utilizado no controle de processos lógicos. Tal controle deve ser entendido como controle de periféricos, como leds, botões, display de segmentos e cristal liquido, relês, sensores e outro de maior utilidade na eletrônica, como saídas PWM (Modulação de largura de pulso), conversor ADC (Conversor analógico/digital), etc. São chamados de controles lógicos, pois a operação do sistema baseia-se nas ações lógicas que devem ser executadas, dependendo do estado em que seus periféricos se encontram entrada ou saída. O conjunto dessas ações lógicas é chamada de *firmware*, no geral programa, tal que é gravado na memória interna do microcontrolador e executado diretamente através dela. Um exemplo de microcontrolador é o PIC16F887, o qual será utilizado no decorrer deste projeto.

2.3 Relógio de tempo real

O DS1307 é um circuito integrado composto de um relógio de tempo real, de baixo consumo de energia e com interface serial composto de relógio/calendário codificado em BCD (Codificação binária decimal) acompanhado de 56 byte de NV RAM (Memória não volátil). A transferência de dados e endereçamento de memória interna em série são feitos por meio do protocolo I²C (IIC ou I²C – Circuito inter-integrado). O Relógio dispõe de informações com relação à hora, minutos e segundos. O calendário gera informações sobre ano, mês, data e dia, sendo que meses contendo menos de trinta e um dias são automaticamente ajustado, incluindo ano bissexto. O relógio ainda funciona no padrão 12 horas ou 24 horas com o indicador AM ou PM. O DS1307 pode ainda operar sem fonte de alimentação externa, através de uma bateria. ou seja, o circuito integrado detecta uma falta de energia em sua alimentação primária, e alterna a alimentação para bateria, desabilitando escrita e leitura dos seus registradores internos, trabalhando em cronometragem contínua. Este circuito de detecção de falhas de energia trás muita segurança e confiabilidade a qualquer projeto (MAXIM INTEGRATED CIRCUITS: DS1307, 2015).

2.4 Ethernet

WIZnet ethernet W5200, é um controlador Ethernet TCP/IP que permite conexão à Internet através de cabo RJ-45 numa velocidade de conexão de 10/100Mb para sistemas embarcados e suporta até quatro conexões de pinos simultâneos, com Power over Ethernet - PoE (transmissão de energia elétrica juntamente com os dados) e um transformador de linha integrado. Utiliza SPI (Interface periférica serial) como protocolo de comunicação para transferência de dados em até 80 MHz. Buffer interno de 32 Kbytes como memória de comunicação de dados. Ainda, o hardware TCP/IP suporta TCP, UDP, IPv4, ICMP, ARP, IGMP e PPPoE. Este dispositivo é muito útil para quem necessita de aplicações rápidas e que necessitem de conexão com a Internet (WIZnet: W5200, 2016).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Sistema

O Diagrama de Blocos ilustrado pela Figura 1, demonstra o Sistema como um todo e a relação entre cada subsistema e seu fluxo de informação. Como pode ser visto, o microcontrolador é o centro do sistema, porém, o RTC fará o principal papel do sistema, o controle do tempo.

O sistema será alimentado através de uma fonte linear regulada de acordo com a tensão de cada componente utilizado.

Toda vez que o sistema é ligado, uma rotina de inicialização será executada. O fluxograma (Fig. 2) dessa inicialização, demonstra que quando o microcontrolador inicia suas configurações inicias, verifica se o RTC está em operação para sincronizar o relógio.

Essa verificação se dá principalmente pela característica, onde é impossível verificar o estado inicial do RTC. Pois quando está em operação normal, o microcontrolador consultará o horário atual e enviará a informação atualizada para o display. Após realizar a rotina de verificação e atualização do horário, o sistema é direcionado para tela inicial e ficará aguardando a ação do sistema ou do usuário, conforme a Fig. 4.

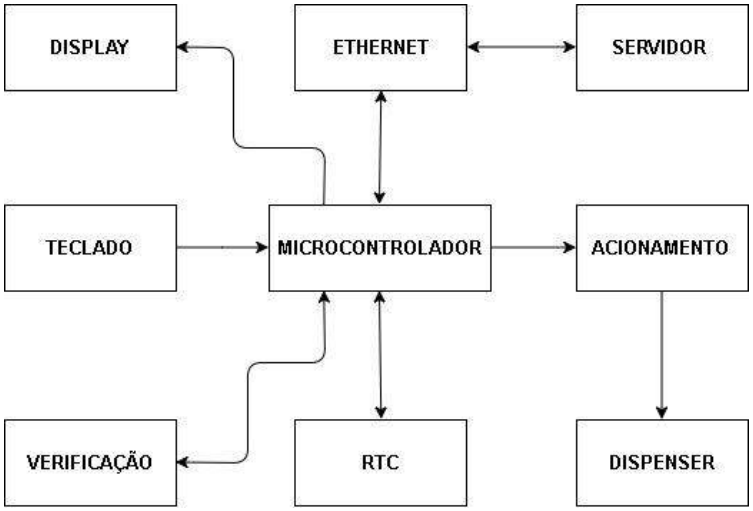


Figura 1. Diagrama de blocos do sistema

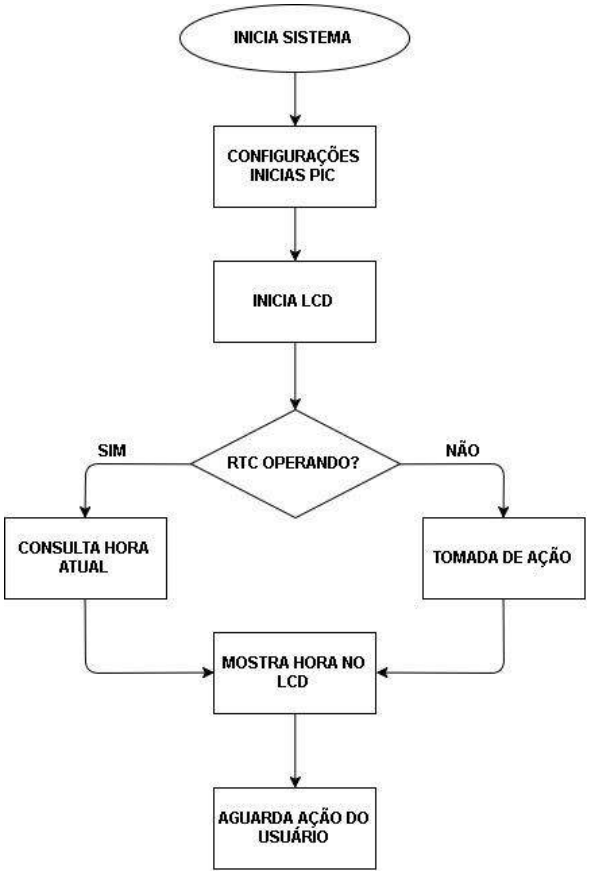


Figura 2. Fluxograma de inicialização do sistema

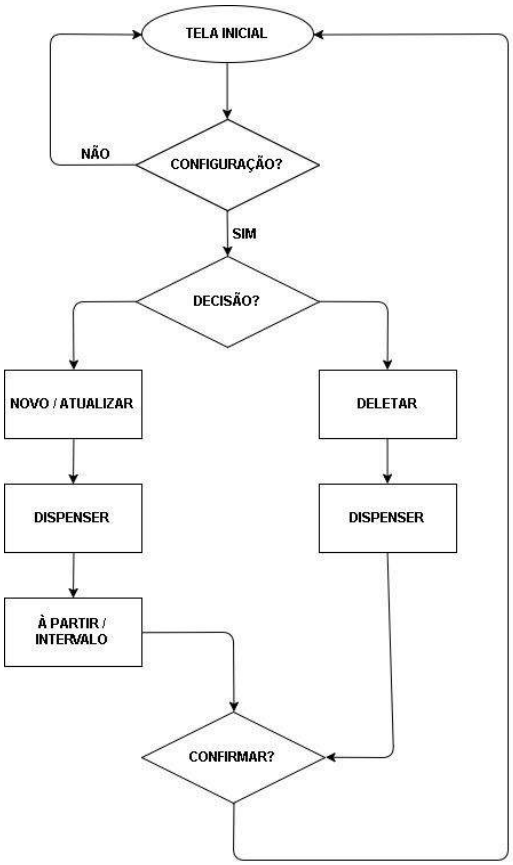


Figura 3. Fluxograma deconfiguração de dispenser

Sempre que passar mais de 30 segundos sem que nenhuma tecla seja pressionada, a luz de fundo do display de cristal líquido será desligada para evitar consumo de energia e automaticamente o programa irá se direcionar para a tela inicial. Este recurso não será implementado quando o usuário estiver fazendo alguma atualização, ou cadastrando um novo horário, ou excluindo algum horário existente.

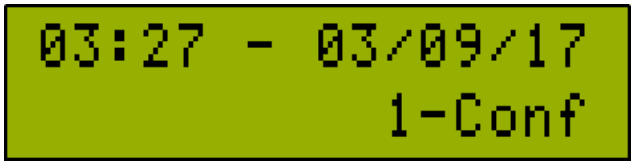


Figura 4. Tela inicial do sistema

O sistema poderá ser configurado de acordo com os horários dos medicamentos receitados. Cada medicamento possuirá um dispenser individual, e a configuração para cada dispenser será feita de forma independente, seguindo o fluxograma ilustrado pela Fig. 3. A navegação para configuração de horários poderá ser feita através de um teclado de interface com o usuário, pelas teclas direcionais (Fig. 5).

Para ligar o fundo do display de cristal líquido, será implementado a tecla Acender Luz, quando pressionada não causará nenhuma modificação na tela ou ativação de alguma configuração.

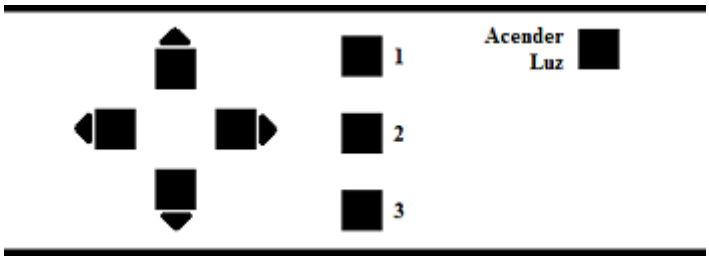


Figura 5. Teclado do sistema

De outro modo, o sistema pode ser configurado através de sua página Web demonstrada na Fig. 6. Nela poderá ser feito o cadastro das configurações dos horários de cada dispenser, que quando salvas, o PIC envia para que sejam salvas na memória NV RAM do RTC. Ainda, a página disponibiliza a opção para gerar relatórios.

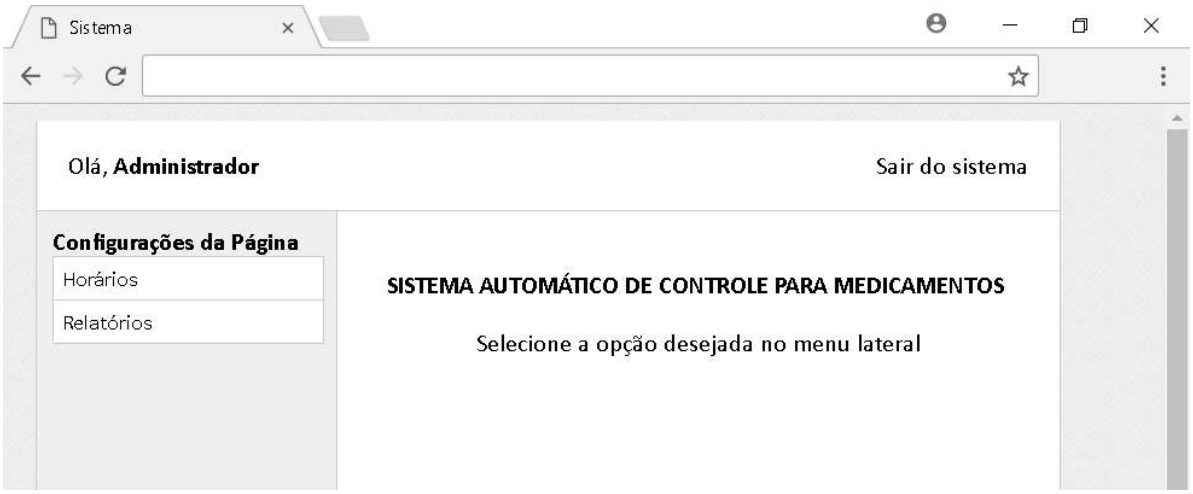


Figura 6. Página web desenvolvida para configuração dos dispensers e emissão de relatórios

Quando está no horário de algum medicamento cadastrado ser consumido pelo usuário, o Sistema libera para um dispenser principal o medicamento a ser retirado, e alerta o usuário que deve retirar o medicamento do dispenser. Então ao despejar o medicamento, é emitido uma mensagem de voz alertando o usuário. Assim o Sistema fica aguardando até que seja retirado do dispenser o medicamento. Se este não for retirado imediatamente, o usuário é alertado novamente, e assim repetidamente, até que o mesmo seja retirado. A verificação da retirada do medicamento ocorre com o auxílio de sensores ópticos. No momento em que a mão do usuário é inserida no dispenser, o Sistema envia as infomações para a página Web, aonde por ventura, o usuário poderá emitir relatórios para acompanhamento pessoal ou médico, para o controle do consumo relugar e correto dos medicamentos receitados.

4. RESULTADOS

Este projeto faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso, e até o momento foi desenvolvido o *firmware* de comunicação entre o PIC e o RTC, e executados testes de trocas de dados entre os dispositivos, para que o PIC busque as informações do tempo no RTC e mande pelo Ethernet para a exibição na página web.

O primeiro passo foi desensolver o *firmware* para o PIC gravar a data e a hora atual no RTC. E para isso, devido a codificação BCD do RTC, antes de receber ou enviar dados para o PIC, deve-se fazer a conversão de BCD para decimal, ou vice-versa. Estas conversões foram implementadas da seguinte forma:

BCD para decimal:

```
x = (x >> 4) * 10 + (x & 0x0F);
```
(1)

Decimal para BCD:

```
x = ((x / 10) << 4) + (x% 10);
```
(2)

Logo, também foi implementado no *firmware*, a conexão com a internet para o *Ethernet shield*, e em seguida direcionado para a página web. O teste executado foi: o PIC busca as informações de hora e data no RTC, e manda para o servidor exibir na página web, atualizando as informações a cada cinco segundos. Este teste durou mais de 4 horas, e dentro deste período os dispositivos não apresentaram nenhuma falha que pudesse prejudicar o funcionamento correto do Sistema.

Para testar uma das principais funcionalidades do Sistema, foi simulado o momento em que está no horário ao qual um medicamento precisa ser dispensado ao usuário. A Fig. 4 demonstra o Sistema em sua tela principal, no momento em que o PIC verifica a hora e compara com a cadastrada previamente, se for o horário programado, o Sistema gera uma mensagem no display informando que o medicamento deve ser retirado (Fig. 7).

Figura 7. Mensagem no display informando para que seja retirado o medicamento

O sensor óptico para o Sistema verificar quando é retirado o medicamento, foi substituido por um *push-botton*. Então quando chega no horário e o Sistema informa para retirar o medicamento, bastava precionar o botão para que o PIC reconhecesse que o medicamento estava sendo retirado naquele momento.

Os testes realizados para verificar a funcionalidade do Sistema apresentaram bons resultados, não apresentando falhas ou instabilidades. O projeto está em constante desenvolvimento, e em dezembro de 2017 chegará a sua versão final.

5. CONCLUSÃO

A partir da dificuldade existente em todos os lugares onde pessoas necessitam ingerir medicamentos de forma minuciosa para não ter problemas futuros causados pelo mau uso, foi concebida a ideia de desenvolvimento de um sistema de controle automático de medicamentos de uso contínuo.

A melhor maneira encontrada para a realização desta tarefa de forma automática foi o desenvolvimento de um sistema microcontrolado. Desta maneira, o usuário somente tem a função de configurar o intervalo de tempo de cada medicamento e colocá-los em seus respectivos dispensers.

Basicamente o início se teve com o estudo focado no medicamento, os cuidados que se deve ter ao guardá-los, uso racional e principalmente o uso correto, pois em excesso ou se não ingerir de forma correta, pode causar dependências e agravar o estado de saúde.

Logo, ficou claro a capacidade de gerenciamento que o sistema poderá ter, principalmente quando se pode imaginar que os remédios receitados podem ser acompanhados à distância pelo médico, sendo esse um ponto forte do Sistema em desenvolvimento.

6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2010. “O que devemos saber sobre MEDICAMENTOS”. 20 Mai. 2016 <http://portal.anvisa.gov.br >.

LAGE, Eloína Araújo; FREITAS, Maria Imaculada de Fátima; ACURCIO, Francisco de Assis. Informação sobre medicamentos na imprensa: uma contrubuição para o uso racional? Ciênc. Saúde Coletiva, vol. 10, p. 133-139. Dez 2005.

MAXIM INTEGRATED CIRCUITS. “Crystal Considerations with Maxim Real-Time Clocks (RTCs)”. 04 Mai. 2016 <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/58>.

MICROCHIP. “PIC16F882/883/884/886/887 datasheet”. 17 Mai. 2016 <http://ww1.microchip.com>.

Souza, David José de; Lavinia, Nicolás César. Conectando o PIC: recursos avançados. São Paulo: Érica, 2003.

WIZNET. W5200 Datasheet: version 1.0. 1 jun. 2016 <http://www.seeedstudio. com/wiki>.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO DE PROCESSAMENTO DE ENERGIA APLICADO À SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS

Anderson José Balbino
Cássio Luciano Baratieri
Cícero Matuella Moreira
Adilson Luís Stankiewicz

Universidade Regional Integrada do Alto Uriguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner. Erechim, RS.
andybalbino@hotmail.com, cassiobaratieri@uricer.edu.br, cicero@uricer.edu.br, adilsonluis@uricer.edu.br.

Abstract. *Este trabalho dedica-se ao estudo e desenvolvimento de um dispositivo de processamento eletrônico de energia proveniente de um módulo fotovoltaico. O sistema consiste de dois estágios de conversão de energia elétrica, sendo o primeiro composto por um conversor CC-CC Push-Pull alimentado em corrente operando com a técnica de rastreamento de máxima potência Condutância Incremental e o segundo um conversor CC-CA trifásico com a técnica de modulação geométrica. Inicialmente, apresentam-se os parâmetros elétricos do módulo fotovoltaico KD 140SX. Posteriormente, estudam-se os dois estágios de conversão de energia, demonstrando-se suas características elétricas de operação. Efetua-se no primeiro estágio a adequação do nível de tensão de 17,7 V do módulo fotovoltaico e o barramento de tensão contínua do conversor CC-CA trifásico de 500 V. No segundo estágio, o conversor CC-CA tem como objetivo a modulação de uma tensão de linha de 220 V para alimentação de cargas trifásicas de 140 W. Simulam-se os conversores CC-CC e CC-CA utilizando-se no software PSIM. Finaliza-se o trabalho com a integração dos estágios de processamento eletrônico de energia fotovoltaica, analisando-se as formas de onda do sistema para diferentes condições de irradiação.*

Palavras-chave: *Módulo fotovoltaico KD 140SX, conversor CC-CC Push-Pull alimentado em corrente, técnica de rastreamento de máxima potência Condutância Incremental, conversor CC-CA trifásico.*

1. INTRODUÇÃO

Em virtude da crescente demanda global de energia elétrica no século XX, faz-se necessário investimentos tecnológicos dos governos e setores industriais na área de geração de energia com o objetivo de suprir a demanda energética global. De acordo com a *International Energy Agency*, o aumento mundial no consumo de energia elétrica entre os anos de 1973 e 2013 foi de 378,9 % (IEA, 2015).

Com os problemas ambientais causados por uma matriz energética composta em sua grande parte por combustíveis fósseis, advém-se a necessidade de reduzir os impactos causados pelas fontes não-renováveis de energia. Assim, incentiva-se à inserção de novas tecnologias de geração de eletricidade de menor potência próximas aos grandes centros de consumo para suprir a grande demanda local de consumidores, complementando as grandes centrais geradoras (hidrelétricas, termelétricas, entre outras). Essa nova tendência denomina-se geração distribuída.

Dentre as diversas formas de geração sustentáveis de eletricidade (pequenas centrais hidrelétricas, energia eólica, energia solar, biomassa), a energia solar fotovoltaica apresentou um crescimento médio de 56 % na capacidade instalada global no período de 2009 a 2014, segundo o *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems* (ISE, 2015). Atribui-se esse crescimento exponencial de potência instalada ao reduzido impacto ambiental, amadurecimento tecnológico, rápida implantação e sua grande disponibilidade, diferentemente das principais fontes de geração atuais.

Ainda que com custo inicial de implantação elevado, investimentos vêm sendo realizados com o foco de maximizar a eficiência dos painéis fotovoltaicos e reduzir seus custos de produção. Além disto, a energia fotovoltaica somente alcançou os níveis atuais de geração devido ao desenvolvimento da eletrônica de potência aplicada na conversão de energia, no sentido de otimizar os conversores e técnicas de controle. Na maior parte dos casos, a eletrônica de potência é utilizada com o objetivo de processar e adequar os níveis de tensão e corrente de entrada para alimentação de cargas.

Pode-se utilizar a energia elétrica proveniente de sistemas fotovoltaicos para microgeração de energia, injetando-a na rede elétrica comercial através de conversores CC-CA. Contudo, sua mobilidade também permite a sua implementação em aplicações móveis ou em locais onde não há fornecimento de energia elétrica da rede comercial.

Sistemas fotovoltaicos necessitam de pouca manutenção, são robustos e podem ser instalados próximo aos pontos de consumo, sem a necessidade de construir linhas de transmissão (VILLALVA, 2014).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo principal o estudo e desenvolvimento de um sistema de processamento eletrônico de energia fotovoltaica para conexão de cargas trifásicas aplicado a sistemas isolados, ou seja, não conectados à rede elétrica. Ilustra-se na Figura 1 um esquemático geral do sistema proposto.

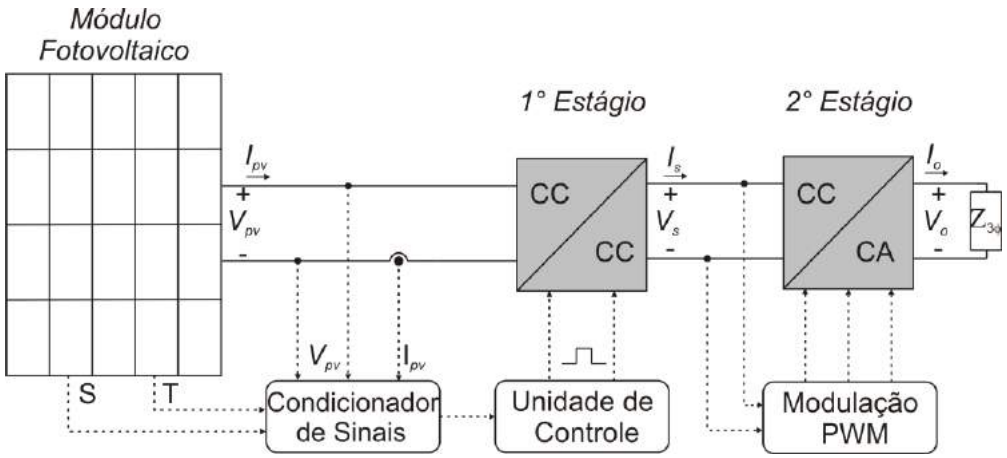


Figura 1. Representação geral do sistema proposto

Será apresentado primeiramente no capítulo 2 as características elétricas do módulo fotovoltaico KD140SX. Posteriormente, a metodologia proposta para o 1° estágio de processamento de energia do sistema será desenvolvida, consistindo de um conversor CC-CC utilizado para criar um barramento de tensão contínua para o conversor CC-CA (também conhecido como inversor). Por fim, a análise será relacionada ao 2° estágio de processamento de energia. Nesta etapa do trabalho serão relacionadas as características do inversor e da modulação escolhida.

Com o intuito de separar os resultados de forma concisa, o capítulo 3 é dividido da seguinte forma: parâmetros de projeto dos estágios CC-CC e CC-CA; integração e simulação do 1° e 2° estágios de processamento eletrônico da energia provinda do módulo fotovoltaico KD 140SX para alimentação de uma carga trifásica resistiva de 140 W. Por fim, apresentam-se as conclusões do trabalho

2. METODOLOGIA

Este capítulo compreende a metodologia proposta para o projeto do conversor CC-CC e do inversor trifásico, bem como o estudo dos parâmetros elétricos do módulo fotovoltaico em questão. Dessa forma, será realizada a análise qualitativa e quantitativa do sistema proposto, determinando-se as equações que regem o comportamento dos circuitos elétricos e formas de onda.

2.1 Módulo Fotovoltaico Kyocera KD 140SX

Para operação de um modelo específico de módulo fotovoltaico de forma adequada, necessita-se analisar a folha de dados com as principais características elétricas em STC (do inglês *Standard Test Conditions*) e NOCT (do inglês *Normal Operation Cell Temperature*). Apresenta-se na Tabela 1 as características do módulo fotovoltaico KD 140SX disponibilizadas pelo fabricante Kyocera.

Tabela 1. Características elétricas do módulo fotovoltaico KD 140SX.

Parâmetro Elétrico	STC	NOCT
Potência máxima	140 W	101 W
Tensão de máxima potência	17,7 V	16 V
Corrente de máxima potência	7,91 A	6,33 A
Tensão de circuito aberto	22,1 V	20,2 V
Corrente de curto-circuito	8,68 A	7,03 A
Eficiência	14 %	12,6 %

Fonte: Kyocera (2016)

A sigla STC refere-se as condições padronizadas de teste dos módulos fotovoltaicos. Todos os fabricantes de realizam testes nas mesmas condições, que são padronizadas por organismos internacionais. A condição padrão de teste

(STC) considera irradiação solar de 1000 W/m² e a temperatura de 25°C da célula solar. As características em NOCT representam as tensões, correntes e potências do módulo em condições reais de operação, com temperatura da célula de 45°C e irradiação de 800 W/m². Os valores obtidos nessa condição são os mais próximos do funcionamento real do módulo fotovoltaico, e mostram quanta energia o dispositivo vai realmente produzir (VILLALVA, 2014).

2.2 Estágio CC-CC de Conversão de Energia Elétrica

Conforme apresentado no capítulo 1, o sistema a ser realizado possui dois estágios de processamento da energia proveniente do módulo fotovoltaico KD 140SX. Devido ao fato desse dispositivo fornecer um baixo nível de tensão de saída (tensão de máxima potência situada em 17,7 V), faz-se necessário elevar essa grandeza aplicando-se um conversor CC-CC, com o intuito de alimentar adequadamente o 2° estágio do sistema (inversor trifásico). Sendo assim, os critérios adotados para a seleção da topologia do conversor CC-CC a ser utilizado serão apresentados nesta seção, bem como a análise qualitativa e quantitativa do circuito elétrico.

2.2.1 Escolha da topologia do conversor CC

Realizou-se a escolha da topologia a ser utilizada com base em critérios de operação do conversor interligado ao módulo fotovoltaico. De acordo com Gimenes (2011), as condições desejadas para o conversor a ser selecionado são:

- Característica de elevação de tensão;
- Entrada em corrente com baixa ondulação, resultando em maior estabilidade da tensão de entrada;
- Relação de transformação elevada;
- Isolação galvânica.

Após o estudo das diversas topologias de conversores CC-CC encontradas na literatura, optou-se pelo conversor Push-Pull alimentado em corrente, devido ao fato de que o mesmo opera como elevador de tensão com isolação galvânica proporcionada pelo transformador, indutor de entrada que minimiza a ondulação de corrente e seu ganho estático independe da carga para o modo de condução contínua (MCC).

2.2.2 Análise do conversor CC-CC Push-Pull alimentado em corrente

Ilustra-se na Figura 2 a estrutura básica do conversor Push-Pull alimentado em corrente.

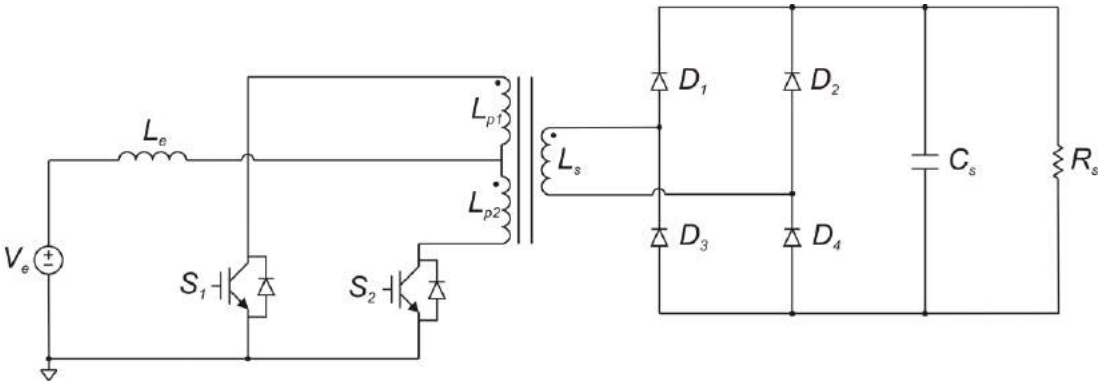


Figura 2. Conversor CC-CC Push-Pull alimentado em corrente

De acordo com Hart (2011), o indutor L_e entrada do circuito estabelece uma fonte de corrente aproximadamente constante. A chave S_1 direciona a corrente para o bobinado L_{P1} e a chave S_2 direciona para o bobinado L_{P2}. Com as duas chaves fechadas, a corrente é dividida de maneira uniforme entre os bobinados.

O conversor Push-Pull em corrente opera com os comandos dos interruptores S_1 e S_2 sobrepostos de modo a não permitir a abertura do circuito conectado ao ramo do indutor, devido a sobretensão provocada caso isto ocorra (GIMENES, 2011).

2.3 Estágio CC-CA de Conversão de Energia Elétrica

O principal objetivo deste estágio é a adequação da tensão contínua do barramento proveniente do conversor CC-CC Push-Pull alimentado em corrente para uma tensão alternada compatível com o sistema proposto. Dessa forma, serão apresentados nessa seção os conceitos sobre o inversor trifásico.

2.3.1 Inversor trifásico

O inversor trifásico constitui-se por três "braços", onde cada um tem suas extremidades conectadas aos pontos positivo e negativo do barramento CC e é composto por duas chaves semicondutoras. A ordem de fechamento e abertura das chaves possibilita a variação da polaridade da tensão de saída, criando um sinal alternado a partir da tensão contínua. Em antiparalelo a cada uma das chaves existe um diodo de retorno associado, o qual permite o funcionamento adequado do inversor com cargas indutivas. Apresenta-se na Figura 3 o circuito elétrico do inversor trifásico.

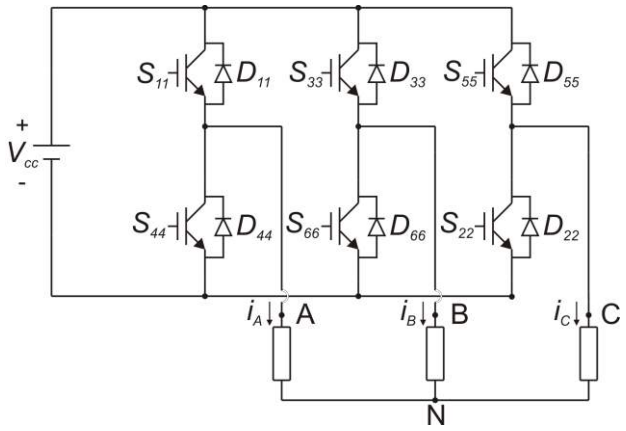


Figura 3. Inversor trifásico

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo compreende os seguintes tópicos: parâmetros de projeto dos estágios CC-CC e CC-CA; integração e simulação do 1° e 2° estágios de processamento eletrônico de energia.

3.1 Especificações de projeto do estágio CC-CC

Definiram-se os valores nominais de projeto de acordo com a Tabela 2, de modo a atender as especificações definidas para o conversor. Salienta-se que a tensão de entrada é considerada para o ponto de máxima potência em STC do módulo fotovoltaico KD 140SX.

Tabela 2. Especificações de projeto do estágio CC-CC

Parâmetro	Valor
Potência de saída	140 W
Tensão de saída	500 V
Tensão de entrada nominal	17,7 V
Razão cíclica	0,6
Porcentagem de ondulação de corrente	5 %
Porcentagem de ondulação de tensão	1 %
Rendimento	85 %
Frequência de chaveamento	40 kHz

3.2 Especificações de projeto do estágio CC-CA

Apresenta-se na Tabela 3 os parâmetros definidos para operação nominal do inversor trifásico.

Tabela 3. Especificações de projeto do estágio CC-CA

Parâmetro	STC
Potência de saída	140 W
Frequência de saída	60 Hz
Frequência de chaveamento	5 kHz
Tensão nominal do barramento CC	500 V
Tensão RMS de linha	220 V

3.3 Integração dos dois estágios de processamento eletrônico de energia fotovoltaica

Ilustra-se na Figura 4 a conexão do módulo fotovoltaico KD 140SX e do conversor CC-CC Push-Pull alimentado em corrente ao inversor trifásico. Dessa forma, analisam-se os dois estágios de conversão de energia elétrica do sistema proposto da Figura 1.

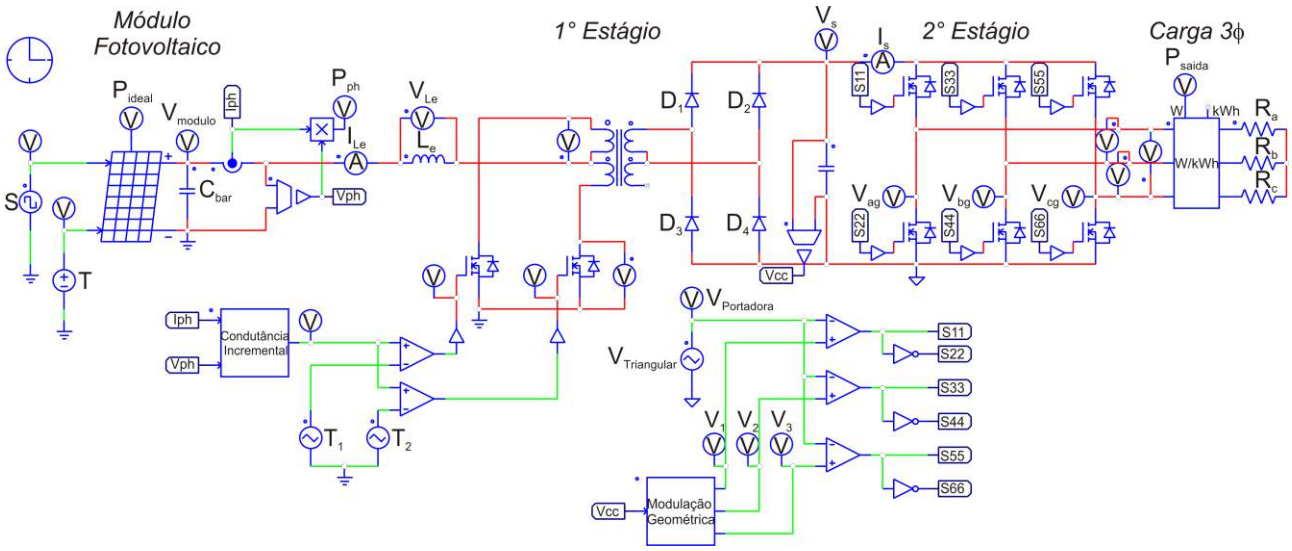


Figura 4. Circuito de simulação dos dois estágios de processamento eletrônico de energia fotovoltaica

Com o objetivo de verificar a operação do sistema integrado, aplicaram-se degraus de irradiação de 800 a 1000 W/m² para uma temperatura fixa de 25°C. Exibe-se na Figura 5 a potência extraída do módulo fotovoltaico e a variação da tensão do barramento CC durante *0,2 s* de simulação dos degraus de irradiação.

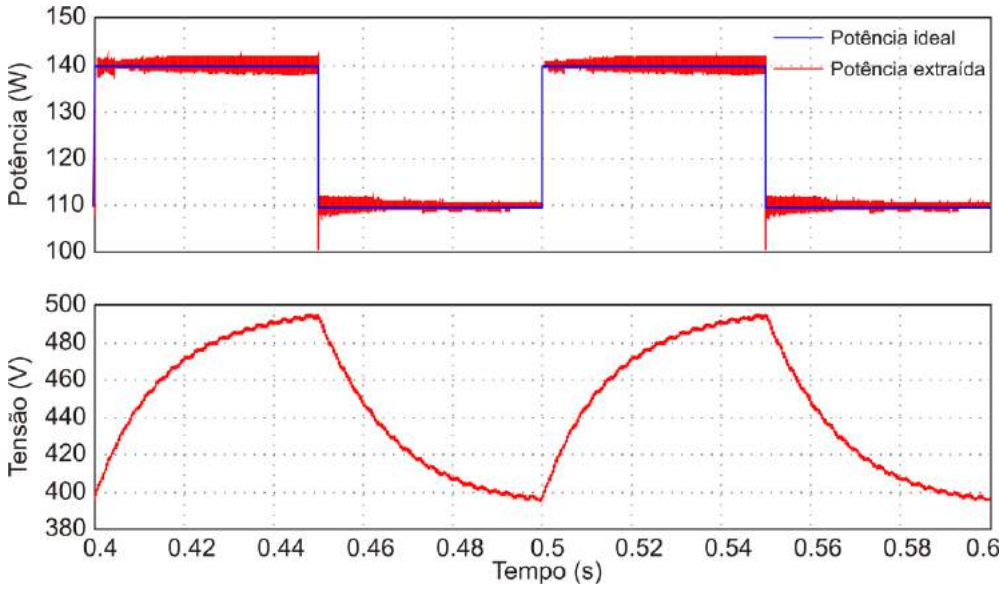


Figura 5. Potência extraída do módulo fotovoltaico e variação da tensão do barramento CC para degraus de irradiação de 800 a 1000 W/m² e temperatura de 25°C

Observa-se que, para as condições nominais de operação (1000 W/m² e 25°C), tem-se uma potência média extraída do módulo fotovoltaico de 140 W e 500 V no barramento CC do conversor Push-Pull. Dessa forma, constata-se que os resultados de simulação do 1° estágio atenderam aos critérios de projeto da Tabela 2, uma vez que converteu-se toda a energia disponível do módulo fotovoltaico para a carga conectada.

Analisando-se a saída do inversor trifásico, ilustra-se na Figura 6 a variação da potência sobre a carga em decorrência dos degraus de irradiação.

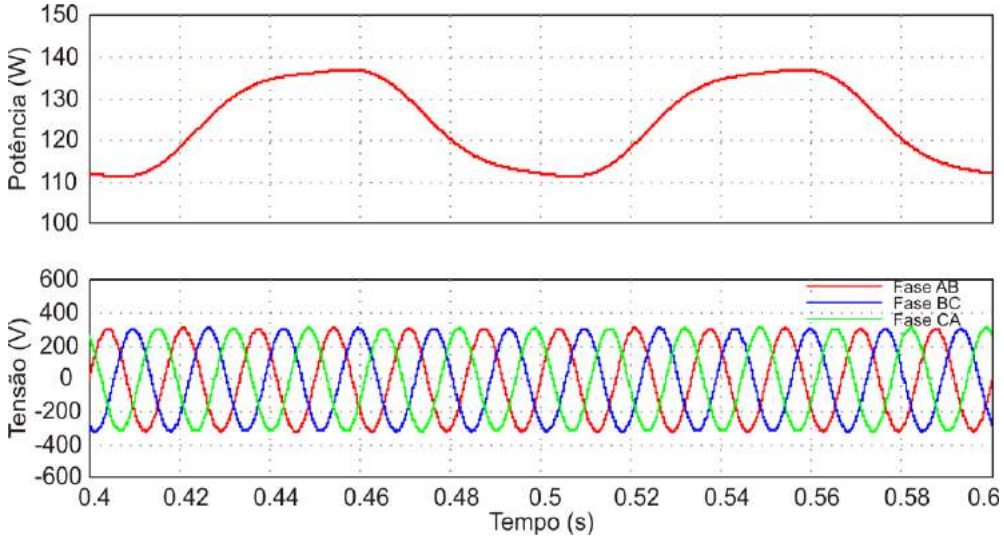


Figura 6. Potência na saída do inversor trifásico e tensões de linha para degraus de irradiação de 800 a 1000 W/m² e temperatura de 25°C

Observa-se que, conforme especificado na Tabela 3, a tensão RMS de linha da Figura 6 permanece constante em 220 V (valor de pico de 311 V), independentemente das variações das condições atmosféricas de entrada. Esse resultado satisfaz plenamente aos critérios de projeto, uma vez que a tensão trifásica de saída do circuito de simulação da Figura 4 não variou sua amplitude, frequência e fase.

4. CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho consistiu no estudo e desenvolvimento de um dispositivo de processamento eletrônico de energia aplicado à sistemas fotovoltaicos isolados. Utilizou-se a técnica de rastreamento de máxima potência Condutância Incremental aplicada ao conversor CC-CC Push-Pull alimentado em corrente para rastrear o ponto de máxima potência do módulo fotovoltaico KD 140SX. Para alimentação de cargas trifásicas, implementou-se um inversor trifásico com a técnica de modulação geométrica.

Apresentaram-se as características elétricas do módulo fotovoltaico KD 140SX. Na sequência, analisou-se qualitativamente o conversor CC-CC isolado Push-Pull alimentado em corrente por meio do seu circuito elétrico. O estágio CC-CA de processamento de energia elétrica consistiu em um inversor trifásico com a técnica de modulação geométrica para síntese de uma tensão alternada de amplitude, frequência e fase desejadas.

Simulou-se no capítulo 3 os conversores CC-CC e CC-CA integrados ao módulo fotovoltaico para diferentes níveis de irradiação, com o objetivo de verificar o rastreamento de máxima potência da técnica de MPPT em análise, bem como os parâmetros elétricos de saída dos respectivos conversores. Escolheu-se o *software* PSIM por tratar-se de uma ferramenta adequada para implementação de circuitos de eletrônica de potência aplicados a sistemas fotovoltaicos, bem como possuir fácil interface e um módulo de programação em linguagem C.

Por meio da análise dos resultados de simulação do circuito da Figura 4 observou-se que, por se tratar de uma simulação computacional que despreza todas as não idealidades dos componentes, converteu-se toda a energia disponível do módulo fotovoltaico KD 140SX para a carga trifásica conectada. Da mesma forma, constatou-se que atenderam-se aos critérios de projeto estabelecidos para os dois estágios de conversão de energia elétrica.

5. REFERÊNCIAS

GIMENES, T. P. Sistema de Processamento de Energia para Conexão de Paineis Fotovoltáicos à Rede Elétrica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Centro de Ciências Tecnológicas, Fundação Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2011.

HART, D. W. Eletrônica de Potência - análise e projeto de circuitos. 8a. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2011.

IEA. Key world energy statistics. International Energy Agency, 2015.

ISE. Photovoltaics report. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, 2015.

KYOCERA. Instalation Manual for the KD135 SX-UPU, KD140SX-UPU of solar photovoltaic power modules. 2016.

VILLALVA, M. G. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações. 1a edição. ed. São Paulo: Editora Érica, 2014.

6. RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

FERRAMENTA DE ANÁLISE DE VIDA ÚTIL DE TRANSFORMADORES IMERSOS EM LÍQUIDO ISOLANTE

Anderson Queiroz da Silva
Aquiles Rossoni
Charles Francisco Barboza Aozani
Ginacarlo Cerutti Panosso
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus de Frederico Westphalen – RS
anderqueiroz01@gmail.com; rossoni@uri.edu.br; ch.aozani@gmail.com; panox@hotmail.com

Resumo. *O presente artigo apresenta uma ferramenta computacional para a estimação da vida útil de transformadores imersos em líquido isolante. A metodologia, baseada na literatura e nas normas técnicas, foi aplicada no software Matlab. A ferramenta se propõe a facilitar a estimação da vida útil de transformadores principalmente quando estes estão sujeitos a variações devido à carga ou estão sujeitos a desequilíbrios em suas correntes. A ferramenta foi inicialmente validada através de um exemplo da literatura, onde um transformador de distribuição alimenta uma carga com demanda variável ao longo do dia. Posteriormente, a ferramenta foi utilizada em estudo de caso baseado em um transformador de uma Pequena Central Hidrelétrica possuindo correntes desequilibradas. Os estudos demonstraram que o aumento na variação da demanda e aumento no desequilíbrio das correntes reduzem a vida útil do transformador. Além do mais, a ferramenta computacional demonstrou ser eficiente, permitindo que mais estudos possam ser realizados no futuro.*

Palavras-chave: *Transformador, Vida útil, Ferramenta Computacional*

1. INTRODUÇÃO

O transformador é uma máquina de conversão de energia. O campo magnético, gerado no núcleo ferromagnético pela passagem de corrente alternada nas bobinas, permite a conversão de energia elétrica de um terminal primário, com uma dada magnitude de tensão e corrente, para um terminal secundário, com outra magnitude de tensão e corrente (Chapman, 2010).

O transformador é um elemento fundamental para os sistemas de potência em corrente alternada. Esta máquina elétrica permite a elevação de tensão para transmissão e posterior rebaixamento para a distribuição de energia (Monticelli, 1999), além de ser o elemento de conexão da maioria das unidades geradoras com as linhas de transmissão e distribuição (Kagan, *et al*., 2010).

Dada a importância deste elemento, as empresas de geração, transmissão e distribuição tem interesse na análise da vida útil dos transformadores com o objetivo de se planejar para possíveis substituições, evitando que o sistema fique fora de operação devido a perda de um destes elementos. Além do mais, é de interesse por parte destas empresas analisar as características operativas que possam influenciar a redução da sua vida útil.

A vida útil dos transformadores está diretamente relacionada com a temperatura de operação. Para minimizar o efeito de aquecimento, usualmente é empregado junto ao encapsulamento do transformador um óleo isolante, que tem a função de dissipar esse calor com o ambiente externo. Desde 1930 estudos foram propostos com objetivo de relacionar a vida útil com a temperatura no óleo do transformador. Nesta época, Montsinger estabeleceu de forma empírica a regra dos 8º C, determinando que a taxa de deterioração da isolação dobra a cada 8º C de elevação de temperatura no ponto quente do enrolamento (Kagan, *et al*., 2010). Atualmente, equações empíricas estabelecidas em normas técnicas como NBR 5416 (ABNT, 1997) e a ANSI C57.91 (ANSI, 1981) são utilizadas na análise de vida útil de transformadores imersos em óleo, tendo a temperatura de ponto quente do enrolamento como principal fator.

O aquecimento em transformadores é decorrente das perdas Joule resultantes das correntes que passam nos enrolamentos e das correntes induzidas no ferro do transformador. Enquanto que as perdas no ferro são dependentes da tensão e permanecem aproximadamente constantes com a variação da potência, as perdas nos enrolamentos são diretamente proporcionais à variação da potência (Kagan, *et al*., 2010). Apesar de não ser abordado em Kagan, *et al*. (2010), para transformadores trifásicos, as perdas nos enrolamentos também estão relacionadas com o desequilíbrio das correntes nas fases.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma ferramenta computacional utilizando o *software* Matlab para estimar a vida útil de transformadores em diferentes condições de operações. O objetivo é desenvolver uma ferramenta para realizar a análise de forma ágil considerando transformadores diferentes e em condições operacionais diferentes.

Este artigo está organizado em seis itens. Após esta introdução, o referencial teórico é apresentado no item 2. Com base neste referencial, uma metodologia é descrita no item 3, sendo esta aplicada no *software* Matlab. No item 4 são apresentados os estudos de casos, sendo o primeiro um estudo teórico e o segundo a aplicação em um transformador real de uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH). As conclusões são apresentadas no item 5.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este item apresenta o cálculo de perdas ativas no transformador, demonstrando a influência destas perdas na temperatura do óleo e do ponto quente, bem como a relação destas temperaturas com a estimação de vida útil deste elemento.

2.1 Perdas de potência ativa em transformadores

Segundo (Kagan, *et al*., 2010) as perdas de potência ativa em transformadores são dadas pelas perdas no cobre e pelas perdas no ferro. Portanto, as perdas totais são expressas pela Eq. (1).

$$W = P_{Fe} + P_{Cu} \tag{1}$$

W : potência dissipada no transformador devido as perdas totais para uma dada condição de carga [W]

P_{Cu} : potência dissipada no transformador devido as perdas no cobre para uma dada condição carga [W]

P_{Fe} : potência dissipada no transformador devido as perdas no ferro [W]

Usualmente é considerado que a corrente no transformador varia de forma linear com a variação de demanda (Kagan, *et al*., 2010). Dado que as perdas variam de forma quadrática com a corrente, conforme a Eq. (2), as perdas no cobre variam de forma quadrática com a variação da demanda, conforme a Eq. (3). A Eq. (3) é escrita em função da perda a plena carga no cobre, pois esta é uma informação conhecida do fabricante. As expressões apresentadas desconsideram a variação na resistência com a variação da temperatura no enrolamento e consideram transformadores trifásicos com correntes equilibradas nas três fases.

$$P_{Cu} = 3I^2R \tag{2}$$

$$P_{Cu} = \left(D/D_{nom}\right)^2 P_{Cupc} = s^2 P_{Cupc} \tag{3}$$

P_{Cupc} : potência dissipada no transformador devido as perdas no cobre para condição de plena carga [W]

R : resistência equivalente dos enrolamentos do primário e secundário [Ω]

I : corrente no enrolamento [A]

s : demanda em pu ou relação entre uma demanda dada $\left(D\right)$ e a demanda nominal $\left(D_{nom}\right)$ do transformador [pu]

Apesar de não ser abordado em Kagan, *et al*. (2010), para condições de desequilíbrio nas correntes de transformadores trifásicos, as perdas no cobre devem ser calculadas pela Eq. (4). As perdas variam de forma quadrática com a corrente, portanto, o nível de desequilíbrio influenciará nas perdas no cobre.

$$P_{Cu} = I_a^2R + I_b^2R + I_c^2R \tag{4}$$

I_a, I_b, I_c : correntes correspondentes a cada uma das fases do transformador [A]

A resistência de enrolamento equivalente, caso não seja fornecida, pode ser obtida através de (5).

$$R = \frac{P_{cupc}}{3I_{nom}^2} = P_{cupc}\left(\frac{V_{nom}}{D_{nom}}\right)^2 \tag{5}$$

I_{nom} e V_{nom} : tensão e corrente nominais do transformador

2.2 Temperatura no óleo de transformadores

Segundo NBR 5416 (ABNT, 1997), são definidas duas classes de isolação de transformadores, de 55 e 65 °C. Estas classes correspondem à elevação média da temperatura do óleo com relação a temperatura ambiente, para o

transformador em plena carga. De acordo com Kagan, *et al*. (2010), a temperatura do óleo com relação a temperatura ambiente para condições diferentes da condição de plena carga pode ser determinada pela Eq. (6).

$$\theta_{oreg} = \theta_{opc}\left(\frac{W}{W_{pc}}\right)^{n} \tag{6}$$

W_{pc} : potência dissipada no transformador devido as perdas no cobre e no ferro para condição de plena carga [W]

θ_{oreg} : elevação da temperatura do óleo com relação a temperatura ambiente para uma dada condição de carga [°C]

θ_{opc} : elevação da temperatura do óleo com relação a temperatura ambiente para condição de plena carga [°C]

O expoente *n* na Eq. (6) é dado de acordo com o tipo de transformador. Por exemplo, o expoente é adotado igual a 0,8 para transformadores ONAN (enrolamentos imersos no óleo com circulação natural e resfriamento ao ar com circulação natural), 0,9 para transformadores ONAF (enrolamentos imersos no óleo com circulação normal e resfriamento ao ar com circulação forçada) e 1 para os demais, descritos em NBR 5416 (ABNT, 1997).

Segundo Kagan, *et al*. (2010), na ocorrência de variações de potência, a máquina resiste a um tempo de sobrecarga sem sofrer uma perda de útil apreciável, pois a constante de tempo térmica dessas máquinas é elevada, na casa de horas. Considerando que a demanda e, como consequência, a potência dissipada podem variar em intervalos menores que a constante térmica do transformador, torna-se necessário analisar o comportamento transitório da temperatura do óleo com relação a temperatura ambiente, dada na Eq. (7).

$$\theta_o = \left(\theta_{reg} - \theta_{oinic}\right)\times\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + \theta_{oinic} \tag{7}$$

θ_o : elevação da temperatura do óleo com relação a temperatura ambiente durante o transitório [°C]

θ_{oinic} : elevação da temperatura inicial do óleo com relação a temperatura ambiente [°C]

t : tempo [s]

T : constante de tempo térmica [s]

A constante de tempo térmica depende das perdas totais, da elevação da temperatura do óleo com relação a temperatura ambiente e está relacionada ao peso de seus elementos e o volume de óleo. Os valores podem ser obtidos com fabricantes ou aproximações dadas em Kagan, *et al*. (2010) e NBR 5416 (ABNT, 1997).

Segundo Kagan, *et al*. (2010), é comum que seja fornecida a demanda do transformador e a temperatura ambiente ao longo do dia, conforme exemplifica a Tab. 1. Para este caso, a determinação da temperatura do óleo será dada na Eq. (7). Adicionalmente, é usual considerar que a condição diária se repita para os demais dias. Para esta última consideração ser verdadeira, a temperatura inicial e final do dia devem ser as mesmas. Uma forma de determinar as temperaturas no óleo para cada instante tempo, dada estas considerações, é utilizar o processo iterativo proposto por Kagan, *et al*. (2010) apresentado na Fig. 1.

Tabela 1. Exemplo de curva diária de carga e de temperatura.

Tempo inicial (h)	Tempo final (h)	Demanda (pu)	Temperatura ambiente (°C)
0	7	0,50	25,0
7	10	0,70	25,0
10	12	0,70	32,0
12	14	0,80	32,0
14	18	0,70	32,0
18	21	1,20	25,0
21	24	0,40	25,0

Fonte: Kagan, *et al*. (2010).

2.3 Temperatura de ponto quente de transformadores

Em Kagan, *et al*. (2010), a máxima temperatura que ocorre no interior do enrolamento é definida como temperatura de ponto quente. Para operação em regime permanente à plena carga, esta é uma característica padronizada no projeto do transformador. A norma NBR 5416 (ABNT, 1997) estabelece, para o carregamento nominal, a elevação da temperatura de ponto quente com relação a temperatura ambiente em 80 °C, para os transformadores com classe 65 °C, e de 65 °C para os transformadores com classe 55 °C. A elevação da temperatura de ponto quente com relação a temperatura do óleo para uma dada condição de carga qualquer é dada pela Eq. (8).

$$\theta_{hs} = \theta_{hpc}\left(\frac{P_{Cu}}{P_{Cupc}}\right)^{n} \tag{8}$$

θ_{hs} : elevação da temperatura do ponto quente com relação a temperatura do óleo para dada condição de carga [°C]

θ_{hpc} : elevação da temperatura do ponto quente com relação a temperatura do óleo na condição de plena carga [°C]

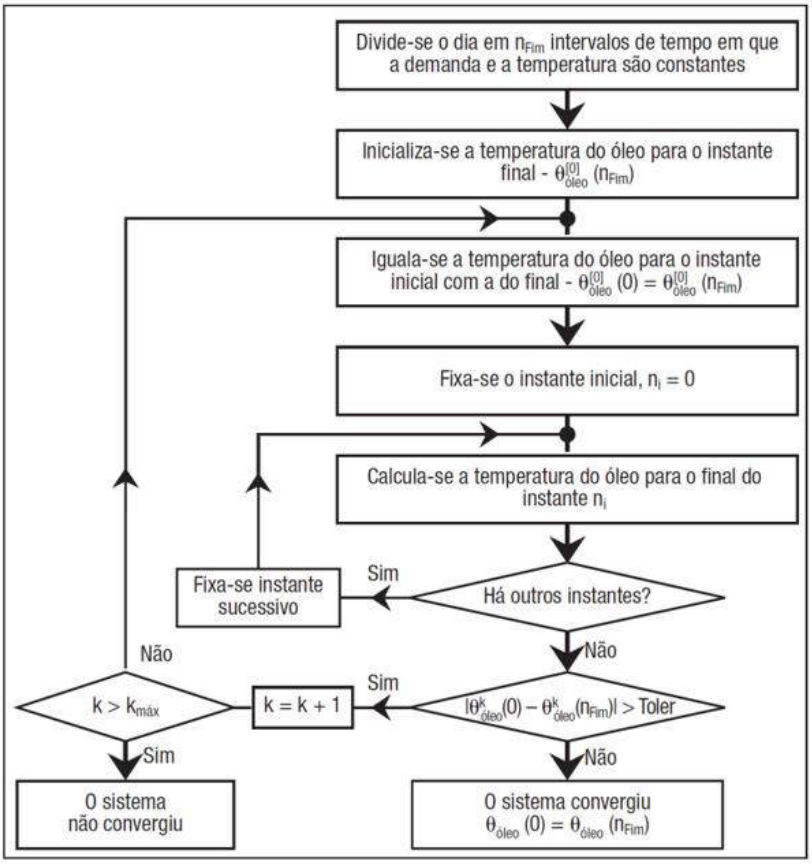


Figura 1. Diagrama de blocos para a determinação da diferença entre a temperatura do óleo e a temperature ambiente considerando uma curva diária de carga, Kagan, 2010, p. 143.

2.4 Vida útil de transformadores

De acordo com Kagan, *et al*. (2010) existem duas normas que estabelecem de forma semelhante o cálculo da vida útil de transformadores, a NBR 5416 (ABNT, 1997) e a ANSI C57.91. A NBR 5416 (ABNT, 1997), considerada na metodologia deste trabalho, estabelece a relação dada na Eq. (9).

$$\log_{10}\left[\frac{PV\%}{100\times h}\right] = A - \frac{6.972{,}15}{273+\tau_h} \tag{9}$$

Onde:

τ_h : temperature de ponto quente [°C]

$PV\%$: porcentagem de perda de vida útil [%]

h : número de horas na temperatura de ponto quente τ_h [horas]

A = 14,133 para transformadores de 55 °C e A = 13,391 para transformadores de 65 °C

3. METODOLOGIA

A determinação da vida útil de um transformador será mais precisa quanto maior o número de informações. Caso seja disponível as correntes medidas ao longo do dia, as perdas no cobre são determinadas pela Eq. (4). Caso seja fornecida a demanda ao longo do dia, as perdas no cobre são dadas pela Eq. (3). As perdas no cobre são então somadas as perdas no ferro, de acordo com a Eq. (1), obtendo as perdas totais em cada instante do tempo.

Os valores obtidos de perdas são utilizados para determinar a elevação da temperatura no óleo para cada instante utilizando a Eq. (6) e (7). Adicionalmente, se adotada uma curva diária, o método iterativo apresentado na Fig. 1 é então aplicado para determinar a elevação da temperatura no óleo em cada instante. As perdas calculadas no cobre também são utilizadas para determinar a elevação da temperatura no ponto quente para todos instantes, através da Eq. (10).

A temperatura de ponto quente, para cada instante, é obtida então pela soma das elevações de temperaturas com a temperatura ambiente, conforme a Eq. (10). O valor obtido na Eq. (10) é utilizado para determinar a porcentagem de vida útil perdida em cada instante, considerando o tempo em horas correspondente a cada valor de demanda ou corrente. Utilizando NBR 5416, esta expressão é dada pela Eq. (11). A estimação da perda de vida útil em cada instante permite determinar a perda de vida útil no período analisado e o tempo necessário para a perda de 100% da vida útil, sendo esta a estimação do tempo de vida útil. A ferramenta foi desenvolvida no *software* Matlab.

$$\tau_h = T_{amb} + \theta_{reg} + \theta_{hpc} \tag{10}$$

$$PV\% = (100 \times te).10^{\left(A - \frac{6.972,15}{273+\tau_h}\right)} \tag{11}$$

T_{amb} : temperatura ambiente [^{0}C]

te : tempo associado a uma dada condição de carga [h]

4. ESTUDOS DE CASO

4.1 Variação de carga e validação da metodologia

Para validar a metodologia foi considerado um exemplo da literatura apresentado em Kagan, *et al*. (2010). O transformador possui as seguintes características: potência nominal de 45 kVA, resfriamento do tipo ONAN, elevação da temperatura no óleo a plena carga de 40° C, elevação da temperatura do ponto quente a plena carga de 25° C, constante de tempo térmico do óleo de 2,7 horas, relação entre as perdas no cobre e no ferro a plena carga igual a 5 ($P_{Cupc} = 5P_{Fe}$) e curva diária demanda e temperatura dada na Tab. 1.

Para determinar a temperatura do óleo correspondente a cada demanda foi considerada a Eq. (6) que, ao substituir a Eq. (1) e (3) nesta expressão e considerando a relação dada que $P_{Cupc} = 5P_{Fe}$, pode ser reescrita pela Eq. (12). O exemplo considera a carga equilibrada e despreza a variação da resistência do enrolamento com a temperatura.

$$\theta_{oreg} = \theta_{opc}\left(\frac{W}{W_{pc}}\right)^n = \theta_{opc}\left(\frac{P_{Fe}+P_{Cu}}{P_{Fe}+P_{Cupc}}\right)^n = \theta_{opc}\left(\frac{(1/5)P_{Cupc}+s^2P_{Cupc}}{(1/5)P_{Cupc}+P_{Cupc}}\right)^n = \theta_{opc}\left(\frac{1+5s^2}{1+5}\right) \tag{12}$$

As temperaturas de óleo obtidas pela Eq. (15) e as temperaturas ambiente dadas na Tab. 1 foram utilizadas no processo iterativo apresentado na Fig. 1, que através da Eq. (7), determinam a temperatura no óleo em cada instante. Foram, utilizados intervalos de tempo de 0,25 horas ($n_{Fim} = 96$) e uma tolerância de 10^{-3} ($\text{Toler} = 0,001$) no processo iterativo. A elevação de temperatura de ponto quente para cada condição de demanda foi obtida pela Eq. (6) que, ao substituir a Eq. (3) nessa expressão, pode ser reescrita pela Eq. (13).

$$\theta_{hs} = \theta_{hpc}\left(\frac{P_{Cu}}{P_{Cupc}}\right)^n = \theta_{hpc}\left(\frac{s^2P_{Cupc}}{P_{Cupc}}\right)^n = \theta_{hpc}\left(s^2\right)^n \tag{13}$$

Os valores obtidos das temperaturas foram então somados de acordo com a Eq. (10) para obtenção da temperatura de ponto quente e a perda de vida útil para cada instante foi dada de acordo com a Eq. (11). A vida útil estimada foi de 31,11 anos. Este foi o mesmo resultado apresentado por Kagan, *et al*. (2010), servindo para validar a metodologia.

Dado que a ferramenta foi desenvolvida no *software* Matlab, a alteração dos valores de demanda e temperatura ambiente pode ser realizada para analisar outras condições operacionais. Por exemplo, considerando as demandas dadas na Tab. 2, sendo que ambas resultam em uma mesma energia diária, e mantendo a mesma temperatura ambiente, a vida útil estimada altera para 120 anos. Estes resultados são resumidos na Tab. 3, que torna evidente o aumento da estimativa de vida útil com a redução da variação na demanda.

Tabela 2. Nova curva diária de demanda (temperatura mantida igual a Tabela 1).

Tempo inicial e final (h)	0-7	7-21	21-24
Demanda (pu)	0,50	0,82	0,40

Tabela 3. Comparação entre estimativas de vida útil para diferentes condições de demanda.

	Demanda de acordo com Tabela 1	Demanda de acordo com Tabela 2
Estimativa de vida útil	31 anos	120 anos

4.2 Desequilíbrio de corrente

Este segundo estudo de caso considera um transformador real de uma PCH. O estudo foi motivado pela ocorrência de desequilíbrio nas correntes do transformador que conectam o gerador da PCH ao sistema de média tensão da concessionária. O desequilíbrio das correntes ocorre devido ao desequilíbrio nas tensões no ponto do sistema de média tensão ao qual este transformador está conectado, ocorrendo em alguns casos a atuação da proteção de neutro. Em discussões com a concessionária, foi recomendado a redução da sensibilidade da proteção de neutro, sendo interessante analisar o efeito desta consideração na vida útil do transformador.

O transformador elevador, fabricado pela WEG INDÚSTRIAS S.A., possui as seguintes características: potência nominal de 1500 kVA, tensão de primário de 380 V conectado em triângulo, tensão de secundário em 23,1 kV conectado em estrela, classe de isolação de 65^0, resfriamento do tipo ONAN, perdas totais e a vazio para carga plena de 22500 e 2400 W, elevação da temperatura do óleo a plena carga de 65 °C, elevação da temperatura de ponto quente a plena carga de 15 °C.

As perdas no cobre a plena carga foram obtidas através da Eq. (1), isolando esta variável e utilizando as informações acima, o valor obtido foi de $P_{Cupc} = 20100$ W. A resistência no enrolamento, foi obtida pela Eq. (5), resultando em $4{,}77\ \Omega$ ao ser representada no secundário. Para este estudo foi considerada as condições descritas na Tab. 4. Ambos casos refletem uma demanda próxima a nominal, porém, no segundo caso há um desequilíbrio nas correntes. As correntes foram consideradas constantes ao longo do tempo, assim como a temperatura ambiente, de 25 °C.

Para obter a estimativa da vida útil, sequencialmente a perda no cobre é calculada pela Eq. (4), a perda total é dada pela Eq. (1), a elevação de temperatura do óleo e do ponto quente são dados, respectivamente, pela Eq. (6) e (8), a temperatura de ponto de quente é obtida pela Eq. (13) e a estimação da perda de vida útil a cada hora ($te = 1$) é dada pela Eq. (14). Com a perda percentual para uma hora, é possível determinar a estimativa de vida útil. Os resultados também são apresentados na Tab. 4. Para este caso, dada a não consideração de variação nas correntes ao longo do dia, não foi necessário a aplicação do método iterativo dado na Fig. 1 e da Eq. (6). Os resultados demonstram que o desequilíbrio nas correntes diminui a estimativa de vida útil do transformador.

Tabela 4. Comparação entre estimativas de vida útil para diferentes condições de corrente.

	Caso 1	Caso 2
Correntes nas fases	$I_a = 37{,}49$ A $I_b = 37{,}49$ A $I_c = 37{,}49$ A	$I_a = 31{,}87$ A $I_b = 37{,}49$ A $I_c = 43{,}11$ A
Estimativa de vida útil	12,9 anos	11,7 anos

5. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou uma ferramenta para a estimação da vida útil dos transformadores utilizando o *software* Matlab. A ferramenta foi validada com um estudo de caso da literatura e é de fácil aplicação para a consideração de outros transformadores e/ou outras condições operativas. O trabalho também demonstrou que a variação na demanda e o desequilíbrio das correntes reduzem a vida útil estimada do transformador. Os estudos demonstraram também que a variação na demanda tende a ter um impacto mais significativa que o desequilíbrio de corrente na vida útil dos transformadores. Os autores pretendem aprofundar os estudos em trabalhos futuros.

6. REFERÊNCIAS

ANSI, *Guide for loading oil-immersed transformers***.** USASI, New York, Apendix C57.912, June 1962.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**.** *NBR 5416: Aplicação de cargas em transformadores de potência: Referências*. Rio de Janeiro, 1997.

Chapman, S. J., 1999. *Electric Machinery Fundamentals*. McGraw Hill International Editions, New York.

Kagan, N., Oliveira, C. C. B. e Robba, E. J, 2010. *Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica*. Blucher, São Paulo, 2ª edição.

Monticelli, A., 1999. *Introdução a Sistemas de Energia Elétrica*. Editora da Unicamp, Campinas.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ERROS EM MEDIDAS ELÉTRICAS

Camila Sampaio dos Reis
Osmar Zaparoli
Marciele Schwanke
Adilson Luis Stankiewicz
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.
camilasampaiodosreis@gmail.com, juniorzaparoli.97@gmail.com, marciele@uricer.edu.br, adilsonluis@uricer.edu.br

Resumo. *Todo o conhecimento e informações que são expostos precisam necessariamente de uma quantificação como é o caso das grandezas de tempo, comprimento, corrente, tensão, etc. Na engenharia elétrica tais grandezas são fundamentais para representar o funcionamento de sistemas elétricos. Pata tanto, o método de medição deve corresponder a uma sequência lógica de operações para quantificar grandezas. É proposto neste artigo análise de erros de tensões e correntes em um circuito resistivo misto considerando multímetros analógicos e digitais. Em síntese, os resultados dos experimentos práticos evidenciam a importância de verificar os erros das medidas elétricas realizadas pelo método de medição realizado.*

Palavras Chave: *Erro, instrumento de medição, precisão.*

1. INTRODUÇÃO

A história da instrumentação está ligada com a necessidade do homem de realizar medidas. Para medir as grandezas usavam as partes do próprio corpo, como o comprimento do pé, a largura da mão ou a grossura do dedo, o palmo, a passada, etc. Essa necessidade levou o homem a criar métodos de medição (Balbinot & Brusamarello, 2010). Com o passar dos anos, surgiram padrões de medidas para facilitar o comércio de produtos. Em 1960, na XI Conferência Internacional de Pesos e Medidas, foi adotado o Sistema Internacional de Unidades (SI), sendo este, um conjunto de definições que reúne de forma completa, coerente e concisa todas as grandezas físicas fundamentais e derivadas (INMETRO, 2012).

Na engenharia elétrica, a medida de certas grandezas é de fundamental importância tanto na pesquisa, quanto na monitorização, funcionamento seguro, proteção e controle de equipamentos eletro-eletrônicos e redes elétricas. Com a avaliação da medição é possível compreender o problema da análise dos dados fornecidos pelos instrumentos a fim de concluir sobre sua exatidão e os erros que possam ter ocorrido na medição.

Deste modo, torna-se necessário que o profissional identifique qual a medição a se realizar, como avaliá-la e com o que medir. Medidas elétricas só podem ser realizadas com a utilização de instrumentos medidores, que permitem a quantificação de grandezas cujo valor não poderia ser determinado através dos sentidos humanos. Dentre os instrumentos medidores na área da engenharia elétrica, o amperímetro e voltímetro tornam-se essenciais nas medições, que por sua vez, auxiliam também na solução de problemas em circuitos.

Para toda medição a ser realizada sempre existirá um erro associado entre o valor medido e o valor real. Na prática é impossível eliminar todos os erros e obter um valor como verdadeiro mesmo utilizando instrumentos analógicos quanto digitais. Devem ser considerados erros associados ao próprio instrumento de medição, fatores ambientais e a tolerância dos componentes, dentre outros. Os erros por sua vez podem ser classificados em erros grosseiros, sistemáticos ou aleatórios (Garcia, 2007).

Este trabalho tem por objetivo apresentar o método de medição para mensurar grandezas físicas de tensão e corrente de um circuito resistivo, apresentando cálculos dos erros associados ao processo de medição com instrumentos analógicos e digitais.

2. METODOLOGIA

O método de medição é uma sequência lógica de operações (Campilho, 2013). Na Figura 1 é possível identificar as principais etapas de uma medição. O mensurando corresponde ao objeto de medição, sendo a grandeza específica a ser medida. O instrumento de medição é o dispositivo utilizado na medição, podendo ser unitário ou atuar em conjunto. O procedimento de medição consiste num conjunto de operações usadas na execução de medições de acordo com um dado

método. O operador refere-se ao usuário que irá realizar as medições. As grandezas de influência externa podem estar relacionadas ao sistema de aquisição, vários podem ser os fatores de influência: operador, instrumento de medição, parâmetros ambientais, dentre outros. A indicação ou resultado se refere ao valor da grandeza medida.

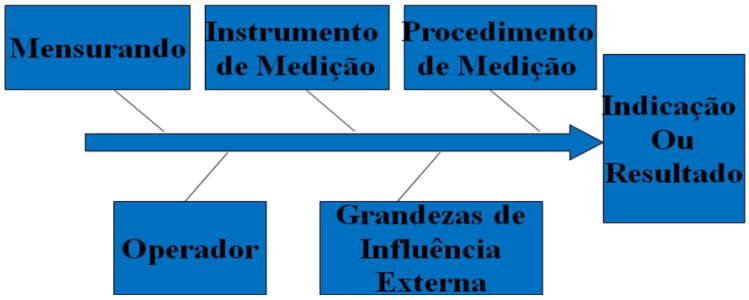


Figura 1. Método de medição.

Vinculado ao método de medição, erros e incertezas em medidas podem ocorrer, porém nunca completamente eliminados. A palavra "erro" designa a diferença algébrica entre o valor medido *Vm* de uma grandeza e o seu valor verdadeiro *Ve*, conforme apresentado na Eq. (1), onde ΔV é chamado de erro absoluto (Finocchio, 2008).

$$\Delta V = Vm - Ve \tag{1}$$

O valor verdadeiro *Ve* pode ser expresso de acordo com a Eq. (2). Quando o valor *Vm* encontrado na medida é maior que o valor verdadeiro *Ve* , dizemos que o erro cometido é "por excesso". Quando *Vm* é menor que *Ve*, dizemos que o erro cometido é "por falta". Em termos práticos, as medidas são classificadas em função do erro relativo, sendo este definido entre a relação do erro absoluto e o valor aceito como verdadeiro de uma grandeza, podendo ou não ser expresso em percentual.

$$Vm - \Delta V \leq Ve \leq Vm + \Delta V \tag{2}$$

Considerando validar o método de medição exposto é proposto um fluxograma correspondente aos passos a serem seguidos para medição de grandezas físicas, conforme apresentado na Figura 2. Desse modo, é possível avaliar os erros máximos e mínimos dos valores obtidos.

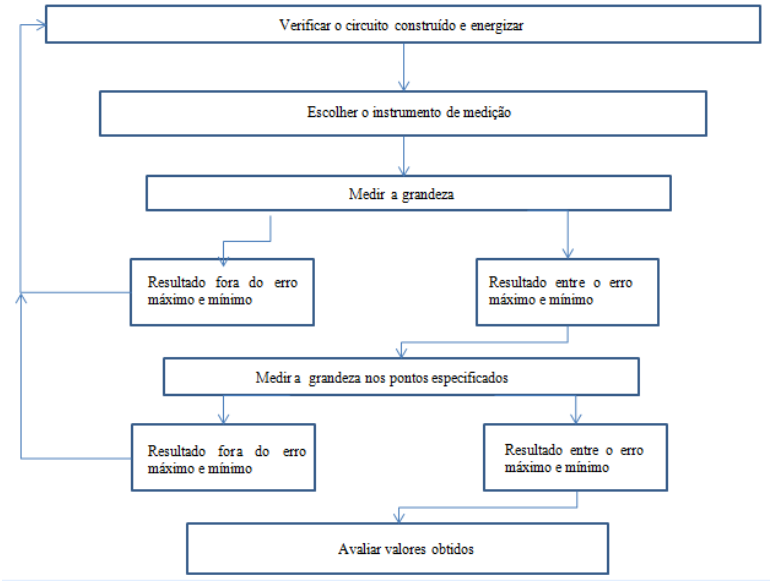


Figura 2. Procedimento realizado para aquisição das grandezas físicas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando analisar os erros em medidas foi implementado um circuito resistivo misto, em que foram realizadas cinco medições para tensão e corrente com multímetros analógicos e digitais. Os instrumentos de medições utilizados no experimento prático foram o ET – 2652 (digital) e ET-3021A (analógico). Cabe mencionar que a precisão dos

instrumentos são de ± 0.1% para os multímetros digitais, e de ± 0.3% para os multímetros analógicos, e os resistores ± 5%.

A Figura 3 apresenta o circuito resistivo simulado no software Proteus em que são apresentados os valores teóricos relacionados as tensões e correntes com base nas Leis de Kirchoff para tensões e correntes.

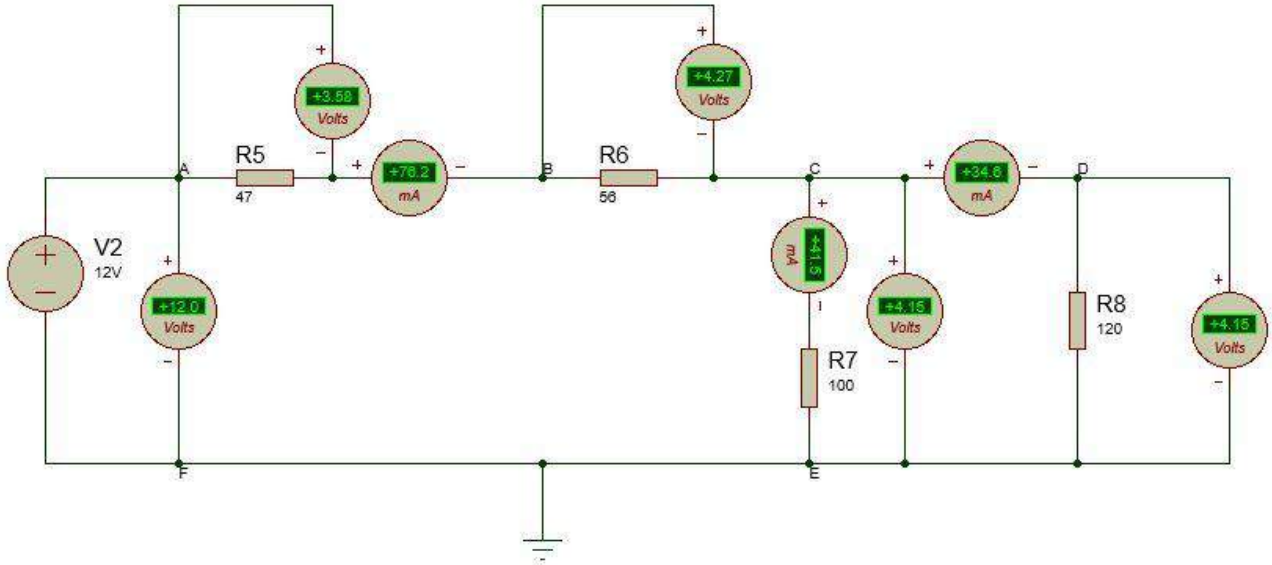


Figura 3. Resultados do circuito didático

As tabelas 1 e 2 apresentam os valores obtidos dos valores de tensão medidos com multímetros digitais e analógicos. As células em vermelho indicam que os valores encontram-se fora do limite de erros máximos e mínimos admitidos pelo instrumento analógico. As tabelas 3 e 4 apresentam os valores teóricos/simulados para as tensões e os erros máximos e mínimos admitidos pelos instrumentos de medição.

Tabela 1. Valores práticos de tensão obtidos pelo multímetro digital ET – 2652.

VAF (V)	VAB (V)	VBC (V)	VCE (V)	VDE (V)
11,93	3,5	4,2	4	4
12,08	3,5	4,3	4,1	4,1
11,99	3,5	4,2	4,1	4,1
12,08	3,6	4,3	4,1	4,1
12	3,6	4,1	4,2	4,2

Tabela 2. Valores práticos de tensão obtidos pelo multímetro analógico ET-3021A.

VAF (V)	VAB (V)	VBC (V)	VCE (V)	VDE (V)
12	3	3,7	4,2	4,2
12	3,5	4,2	4,1	4,1
12,1	3,2	4	3,9	3,9
11	3	4	4	4
12	3,3	4,1	3,6	3,6

Tabela 3. Valores máximos e mínimos admitidos pelo multímetro digital ET – 2652.

Digital	VAF (V)	VAB (V)	VBC (V)	VCE (V)	VDE (V)
Teórico	12,0	3,5	4,2	4,1	4,1
Erro máximo	13,2	3,9	4,6	4,5	4,5
Erro mínimo	10,8	3,2	3,8	3,7	3,7

Tabela 4. Valores máximos e mínimos admitidos pelo multímetro analógico ET-3021A.

Analógico	VAF (V)	VAB (V)	VBC (V)	VCE (V)	VDE (V)
Teórico	12,00	3,5	4,2	4,1	4,1
Erro máximo	12,36	3,6	4,3	4,2	4,2
Erro mínimo	11,64	3,4	4,1	4,0	4,0

As tabelas 5 e 6 apresentam os valores obtidos dos valores de corrente medidos com multímetros digitais e analógicos. As células em vermelho indicam que os valores encontram-se fora do limite de erros máximos e mínimos admitidos pelo instrumento analógico. As tabelas 7 e 8 apresentam os valores teóricos/simulados para as correntes e os erros máximos e mínimos admitidos pelos instrumentos de medição.

Tabela 5. Valores práticos de corrente obtidos pelo multímetro digital ET – 2652.

A (mA)	B (mA)	C (mA)	D (mA)
75	75	40,5	34,6
74,5	74,5	41,3	34,9
76,21	76,1	41,4	34,6
75,9	75,9	41,4	34,5
76,5	76,5	41,9	34,6

Tabela 6. Valores práticos de corrente obtidos pelo multímetro analógico ET-3021A.

A (mA)	B (mA)	C (mA)	D (mA)
76	76	41	34,5
76	76	40	37,5
74	74	39	35
74,5	74,5	40	40
75	75	39	35

Tabela 9. Valores teóricos das correntes obtidos pelo multímetro digital ET – 2652.

Digital	A (mA)	B (mA)	C (mA)	D (mA)
Teórico	76,2	76,2	41,5	34,6
Erro máximo	80,0	80,0	43,5	36,3
Erro mínimo	72,1	72,1	39,3	32,7

Tabela 10. Valores teóricos das correntes obtidos pelo multímetro analógico ET-3021A.

Analógico	A (mA)	B (mA)	C (mA)	D (mA)
Teórico	76,2	76,2	41,5	34,6
Erro máximo	78,4	78,4	42,7	35,6
Erro mínimo	73,9	73,9	40,2	33,5

Os resultados dos experimentos práticos evidenciam a importância de verificar os erros das medidas elétricas realizadas pelo método de medição. Relacionado aos valores medidos pelos instrumentos de medição analógicos, há de se considerar os erros grosseiros que podem ocorrer por falha de leitura do instrumento ou do operador (erros de paralaxe), ou até mesmo pelo sistema de aquisição. Desse modo, vários podem ser os fatores que influenciaram nos resultados: tolerância dos componentes e instrumentos, condições ambientais, o método empregado, dentre outros.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balbinot, A., Brusamarello, V.J., 2010. *Instrumentação e Fundamento de Medidas.* Vol 2.
Campilho, A., 2013. *Instrumentação Eletrônica. Métodos e Técnicas de Medição*. 2° edição.

Finocchio, M.A.F., 2008. *Materiais e Equipamentos elétricos.* Disponível em: < http://paginapessoal.utfpr.edu.br/mafinocchio/disciplinas-da-graduacao/materiais-e-equipamentos-eletricos/et35p-materiais-e-equipamentos-eletricos/APOSTILAMATERIAISEEQUIPAMENTOS_medidas.pdf>. Acesso em 01 de setembro de 2017.

Garcia, V.H., 2007. *Medidas e Algarismos Significativos.* Disponível em: < http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/franca/materiais/Medidas_e_Algarismos.pdf>. Acesso em 01 de setembro de 2017.

INMETRO, 2012. *Sistema Internacional de Medidas*. Disponível em: < http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si_versao_final.pdf>. Acesso em 01 de setembro de 2017.

5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

MINERAÇÃO DE DADOS NA PROMOÇÃO DO AMBIENTE SEGURO EM SAÚDE

Camila Sampaio dos Reis
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.
Josué Cortez
Unidade Básica de Saúde Noeli Terezinha Marcon , n° 1170 – CEP 89680-000, Irani, SC.
camilasampaiodosreis@gmail.com, josuecortez.cortez@gmail.com

Resumo. *Este artigo tem como objetivo identificar eventos adversos relacionados ao uso de equipamentos médico-hospitalares reportados no sistema de notificação brasileiro e americano. Trata-se de um estudo descritivo em que foi realizado levantamento de informações nas bases de dados da ANVISA e MAUDE referente ao período de 2007 a 2013. Identificaram-se também eventos adversos relacionados à utilização de ventiladores pulmonares e bombas de infusão junto ao FDA, assim como foram identificados os principais eventos que ocorreram em unidades de tratamento intensivo de sete estabelecimentos assistenciais à saúde brasileiros. Os dados obtidos mostraram que as ocorrências de eventos adversos subiram consideravelmente nos últimos anos. Diante desse cenário é possível estar atuando com a mineração de dados na gestão de riscos e controle de eventos adversos.*

Palavras-chaves: *Eventos adversos, segurança do paciente, equipamento médico, mineração de dados.*

1. INTRODUÇÃO

O reconhecimento dos agravos à segurança do paciente tem sido tema debatido tanto a nível nacional quanto internacional, o que também representa um grave prejuízo financeiro aos sistemas de saúde (Mendes W. *et al.*, 2005). A Resolução RDC N° 36, de 25 de julho de 2013 institui ações para a segurança do paciente em serviços de saúde, em que se devem estabelecer estratégias e ações de gestão de risco. Essas ações compreendem: a identificação, análise, avaliação, monitoramento e comunicação dos riscos no serviço de saúde; segurança no uso de equipamentos; prevenção e controle de eventos adversos em serviços de saúde e a promoção do ambiente seguro (Brasil, 2013).

Nos últimos anos a maioria das operações e atividades das instituições privadas e públicas são registradas computacionalmente e se acumulam em grandes bases de dados, a técnica mineração de dados - *data mining* –é uma das alternativas mais eficazes para extrair conhecimento e informações a partit de grande volume de dados, que podem ajudar as instituições nas tomadas de decisões, a atingir um maior grau de confiança (Cardoso, 2008).

A tecnologia médica desempenha um papel importante no diagnóstico e tratamento de pacientes em unidades de saúde. Todavia, verifica-se que eventos adversos têm ocorrido com freqüência em pacientes internados, o que pode ser resultado de problemas práticos, de produtos, de processos ou de sistemas. Desse modo, as investigações dos eventos adversos nos sistemas de saúde aqui retratados referem-se à utilização de equipamentos médicos, foco de atuação da Engenharia Biomédica.

Considerando esse cenário em saúde, o estudo teve como objetivo levantar os eventos adversos relacionados aos equipamentos médico-hospitalares reportados nos sistemas de notificação do Brasil e do exterior, como estratégia de avaliar a relação dinâmica associada à interação entre equipamentos médicos em ambientes de cuidados à saúde.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa descritiva com base em relatórios de eventos adversos relacionados à utilização de equipamentos médico-hospitalares. No Brasil consultou-se o Sistema Nacional de Eventos Adversos e Queixas Técnicas (NOTIVISA) desenvolvido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), e no exterior pesquisou-se o *Manufacturer and User Facility Device Experience Database (MAUDE)*, desenvolvido pela *Food and Drug Administration (FDA)*.

A busca por eventos adversos no sistema da ANVISA e *MAUDE* compreendeu o período de 2007 até 2013, em que

foram considerados os relatórios anuais relacionados a equipamentos médicos. Considerou-se a definição de evento adverso como qualquer efeito não desejado em humanos decorrente do uso de produtos sob vigilância sanitária.

Considerando que o sistema da ANVISA não disponibiliza a classificação dos eventos adversos por equipamento médico-hospitalar, foi realizada uma subclassificação desses eventos relacionados à utilização de ventiladores pulmonares e bombas de infusão junto à base de dado *MAUDE*. Para essa consulta foram considerados os termos *infusion pump* e *ventilator*, ambos identificados no site do *FDA* pelos termos FRN e CBK, respectivamente. Na base de dados MAUDE identificou-se todos os relatórios de eventos adversos reportados que trouxesse dano/ferimento ao paciente. O período da coleta de dados referiu-se também ao período de 2007 a 2013.

Este trabalho também teve como foco central avaliar o panorama de eventos adversos decorrentes da utilização de equipamentos médicos, em que foram mapeados e identificados os principais eventos adversos com a utilização de ventiladores pulmonares e bombas de infusão em unidades de tratamento intensivo (UTIs) de sete estabelecimentos assistenciais à saúde (EAS) brasileiros. Identificaram-se os possíveis eventos adversos relacionados a essas tecnologias por meio do manual de tecnovigilância da ANVISA, e foi solicitado ao corpo clínico das UTIs que identificassem quais eventos já ocorreram durante a utilização de ventiladores pulmonares e bombas de infusão. A pesquisa foi submetida aos comitês de ética dos EAS envolvidos e aprovada sob o protocolo 144.421/2012 (Reis, 2014).

3. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta o total de notificações de eventos adversos relacionados ao uso de equipamentos médicos, segundo relatórios da ANVISA e FDA.

Na Figura 1 são apresentados os eventos adversos relacionados à base de informações MAUDE para ventiladores pulmonares e bombas de infusão. Este gráfico representa a tendência dos eventos adversos relacionados ao período em análise.

Tabela 1. Relatório de eventos adversos da ANVISA e FDA.

Período/Base de Dados	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ANVISA	12	17	07	26	150	183	184
FDA	81626	164610	221478	338824	415739	521774	639275

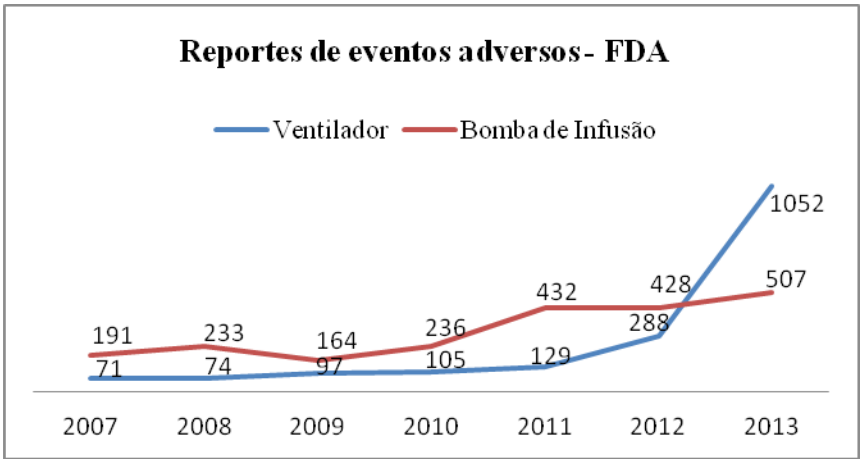


Figura 1. Eventos adversos de ventiladores pulmonares e bombas de infusão segundo relatório do FDA.

Considerando os resultados da Tabela 1, foi possível identificar que no Brasil o sistema não está sendo usado adequadamente. Essa conclusão pode ser confrontada pelos dados de EAS americanos, onde as duas nações utilizam equipamentos em comum, todavia, nos Estados Unidos se apresenta um maior relato de eventos adversos.

Percebe-se que ao passar dos anos esses eventos têm sido mais frequentes, ou tem ocorrido mais relatos por parte dos EAS, como podemos observar na Tabela 1, assim como na Figura 1. Essa tendência é um alerta aos gestores em saúde frente à necessidade estratégica de implantar políticas de segurança ao paciente.

As Figuras 2 e 3 apresentam os principais eventos adversos identificados pelo corpo clínico das UTIs dos sete EAS brasileiros. Os eventos adversos que ocorrem com menor frequência, com os ventiladores, referem-se à hipercapnia, overdose e subdose por agente anestésico. Para as bombas de infusão os que ocorrem com menor frequência são edema ou embolia pulmonar, seguido de infecção.

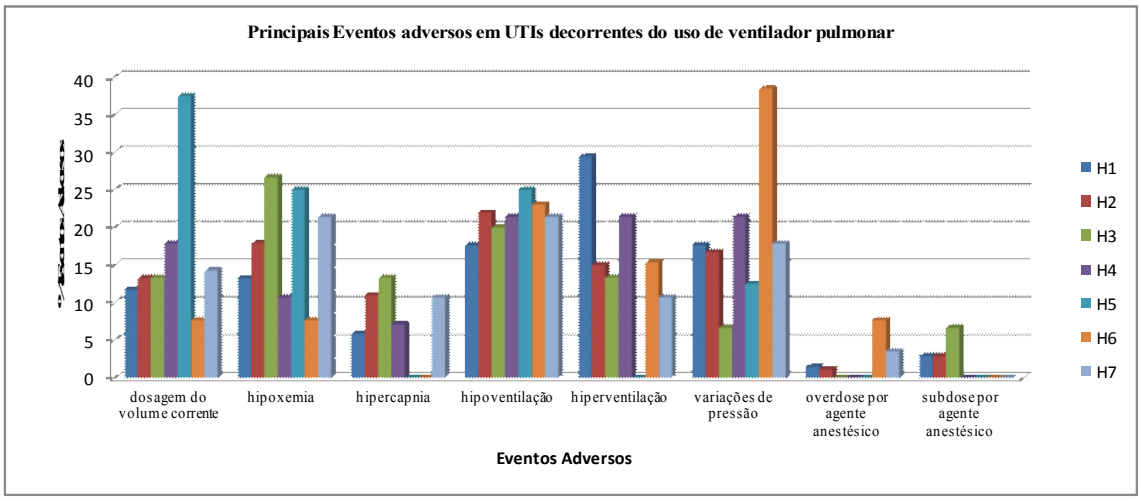


Figura 2. Eventos adversos em UTIs com a utilização de ventiladores pulmonares.

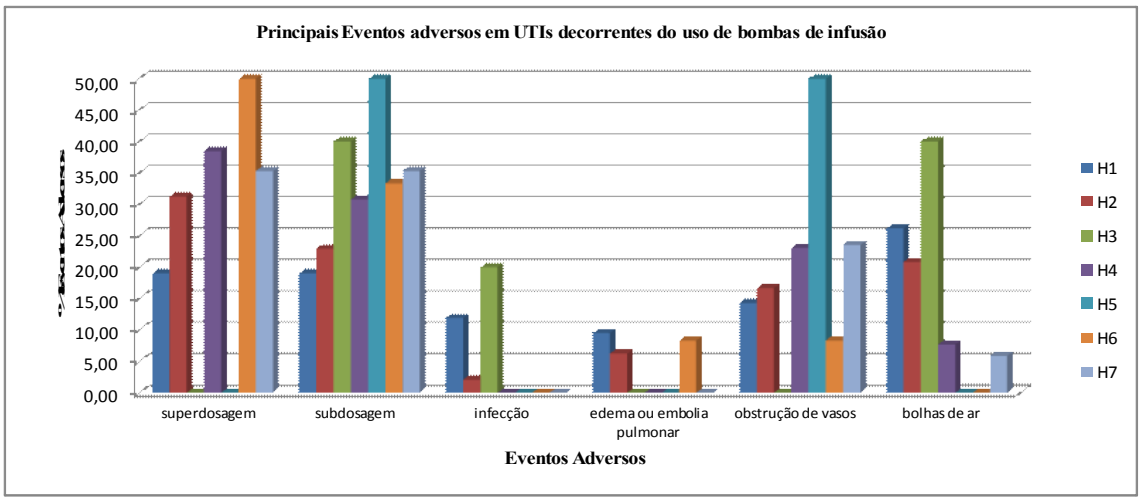


Figura 3. Eventos adversos em UTIs com a utilização de bombas de infusão.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O sistema de saúde atual aborda a segurança do paciente com foco na qualidade na prestação de serviços e cuidados ao paciente, de modo que seja eficaz e centrado no paciente. Desse modo, garantir o funcionamento adequado dos equipamentos médicos assim como avaliar as condições dos serviços em saúde, naquilo que se referem a equipamentos médicos, fazem parte das atribuições da Engenharia Biomédica.

Os dados obtidos mostram que as ocorrências de eventos adversos subiram consideravelmente nos últimos anos. Dois pontos de vistas podem ser discutidos: a inserção de novas tecnologias, que podem ser complexas quanto ao seu modo de utilização, favorecendo a ocorrência de eventos adversos, bem como o assunto pode ser retratado sob o ponto de vista de que as instituições de saúde estão fazendo o uso do sistema de notificação.

A discrepância de informações entre o sistema de notificação brasileiro e o internacional, pode ser vista como um alerta ao sistema de saúde brasileiro, visto que o sistema NOTIVISA, implantado desde 2006, ainda não conseguiu atingir seu objetivo inicial. Verificou-se que os profissionais que atuam nas UTIs identificam as ocorrências dos eventos adversos, porém essas informações, como podem ser verificadas no sistema, acabam não sendo reportadas ao órgão competente pelo tratamento dessas informações.

De fato, as tecnologias médicas apresentam risco ao paciente e corpo clínico se utilizadas indevidamente. Dessa forma, verifica-se a necessidade constante de atualização por parte dos profissionais de saúde por meio de capacitações com foco na prevenção de riscos e manuseio adequado dos equipamentos com a ajuda dos profissionais da área. Com isso, espera-se que o profissional de saúde esteja ciente das suas atribuições, favorecendo o cuidado ao paciente com a redução de eventos adversos e falhas decorrentes de falta de informação, manuseio incorreto, entre outras, que por vezes acaba gerando algum dano físico ao paciente e/ou operador.

Portanto, esses alertas aos gestores por meio da mineração de dados favorecem a atenção à saúde como forma de promover um ambiente seguro.

A gestão de riscos e qualidade do processo tecnológico são fundamentais para garantir o funcionamento seguro dos equipamentos médicos. Os agravos à saúde decorrentes da utilização de equipamentos médicos são um tema que deve ser prioridade em instituições de cuidados à saúde, frente às consequências que podem ser causadas. Nesse sentido, faz-se necessária uma maior participação dos profissionais de saúde na prevenção de riscos, como a constante atuação e integração da mineração de dados junto aos departamentos responsáveis pela fiscalização de políticas públicas dentro dos EAS.

5. REFERÊNCIAS

Brasil., 2013. Resolução **RDC Nº 36, DE 25 DE JULHO DE 2013**. Institui ações para a segurança do paciente em serviços de saúde e dá outras providências.

Cardoso O.N.P, Machado R.T.M., 2008. **Gestão do conhecimento usando data mining: estudo de caso na Universidade Federal de Lavras**. Rev Adm Pública. 2008;42(3):495-528.

Mendes, W. *et al*., 2005. **Revisão dos estudos de avaliação da ocorrência de eventos adversos em hospitais.** Rev Bras Epidemiol. 8(4): 393-406.

Reis, C.S., 2014. **Metodologia de análise de confiabilidade de equipamentos médicosassistenciais na fase de utilização.** 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

Shojania, K.G., Duncan, B.W, Mcdonald, K.M., et al., 2001. **Making Healthcare Care Safer: A Critical Analysis of Patient Safety Practices. Evidence Report/Technology Assessment.** Publication N.º 43.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

MOTORES ELÉTRICOS DE INDUÇÃO

Charles Luís Batistella[1]
Jucian Rufato[2]
Rafael Fiorentin[3]
Glenio Luis de Vasconcellos Rigoni[4]
URI Erechim, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000.
[1]charles.batistella@gmail.com; [2]juci_rufato@hotmail.com; [3]rafa_fiorentin@hotmail.com; [4]glenio.rigoni@uricer.edu.br

Resumo. *O presente artigo consiste em apresentar um dos dispositivos de acionamento mais utilizados na indústria que é o motor elétrico de indução. Serão abordadas as partes que compõe este tipo de motor, os tipos de ligação bem como suas principais características. Através de livros, artigos e catálogos de fabricantes buscou-se o conhecimento do funcionamento e das peças que compõe este tipo de motor. Na sequência, foi montada em laboratório uma chave estrela-triângulo automática para dar partida em um motor de indução trifásico e foi medida a tensão de entrada, saída e também a corrente de pico e a nominal de funcionamento do motor. A partir das medições realizadas, constatou-se que a ligação de um motor em estrela-triângulo possibilita um dimensionamento de condutores elétricos muito menor comparado com a uma partida somente em triângulo.*

Palavras chave: *motor de indução, chave estrela-triângulo, eletricidade.*

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais componentes utilizados para acionar equipamentos na indústria em geral é o motor de indução elétrica. Tem como vantagens uma construção simples, com baixo custo, alta flexibilidade de aplicação e facilidade de ligação.

Este componente é o principal responsável pelo consumo de energia elétrica na indústria já que, em grande parte, converte a energia elétrica em trabalho mecânico para os mais diversos tipos de equipamentos. Desta forma, quando o motor é ligado a uma rede elétrica, este absorverá uma quantidade de energia que acionará uma determinada carga através de seu eixo.

Segundo Chapman (2015), uma máquina com apenas um conjunto contínuo de enrolamentos amortecedores é denominada máquina de indução. Essas máquinas são denominadas máquinas de indução porque a tensão do estator é induzida nos enrolamentos do rotor em vez de ser fornecida por meio de uma conexão física de fios. A característica que diferencia um motor de indução dos demais é que não há necessidade de uma corrente de campo CC para fazer a máquina funcionar.

Assim como qualquer máquina elétrica, os motores têm seu princípio de funcionamento baseado nas leis de indução e eletromagnetismo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O que é um motor por indução?

Uma máquina de indução é um mecanismo composto por apenas um conjunto de enrolamentos amortecedores. Ela possui um campo magnético gerado pelo estator que gira eletricamente em torno de um círculo e outro campo magnético criado no rotor que segue a rotação deste campo padrão por ser atraído e repelido pelo campo do estator. Como o rotor tem a liberdade de girar, ele segue o campo magnético rotativo no estator. O que diferencia o motor por indução dos demais é que não há necessidade de uma corrente de campo contínua para fazê-lo funcionar.

Os motores de indução são trifásicos ou monofásicos. A corrente alternada no estator induz uma tensão através de uma abertura de ar dentro do enrolamento do rotor para produzir corrente no mesmo e produzir um campo magnético associado. Os campos magnéticos no rotor e estator então interagem fazendo o rotor girar.

2.2 Construção do motor de indução

Dentre as máquinas elétricas rotativas, as máquinas de indução são as que apresentam a construção mais simples e robusta. Esse fato aliado à produção tornou a máquina de indução mais barata comparada aos outros tipos de motores, justificando assim a sua utilização tão intensiva.

A estrutura de um motor de indução compreende essencialmente em estator e rotor.

O estator é composto de um núcleo ferromagnético na forma de coroa cilíndrica, constituído de lâminas de aço de silício justapostas no sentido longitudinal e isolada uma da outra. Na superfície interna do cilindro existem ranhuras distribuídas uniformemente onde são alojadas as bobinas que formarão o enrolamento do estator.

O rotor de um motor de indução tem duas variantes construtivas, o rotor bobinado e o rotor em gaiola:

a) Rotor bobinado é composto de um núcleo ferromagnético em forma de cilindro composto por lâminas. A superfície externa desse rotor é ranhurada onde é alojado um enrolamento semelhante ao do estator. As terminações das bobinas que formam o enrolamento são conectadas a anéis coletores solidários ao eixo isolados eletricamente entre si conectados ao rotor através de escovas de carvão. Desse modo os anéis e as escovas formam um tipo de contato móvel ao estator, mesmo com o rotor em movimento. A vantagem do rotor bobinado é a de permitir a alteração de parâmetros elétricos do rotor inserindo resistores promovendo alteração de características do motor.

b) Rotor em gaiola é composto por um núcleo ferromagnético em forma de cilindro com a superfície externa ranhurada onde é alojado um enrolamento constituído por barras condutoras, geralmente alumínio ou cobre conectadas em cada extremidade do rotor. Esse conjunto forma um circuito fechado em curto não permitindo nenhum acesso ao estator.

2.3 Princípio de funcionamento

O estator está ligado à fonte de alimentação alternada. O rotor não está ligado eletricamente a nenhuma fonte de alimentação. Quando o enrolamento do estator é energizado através de uma alimentação trifásica, cria-se um campo magnético girante. À medida que o campo varre os condutores do rotor o qual é obtido por indução magnética, é induzida uma força eletromotriz nesses condutores ocasionando o aparecimento de uma corrente elétrica nos condutores. O campo magnético criado no estator gira eletricamente em torno de um círculo. O campo magnético criado no rotor segue a rotação deste campo padrão por ser atraído e repelido pelo campo do estator. Como o rotor tem a liberdade de girar, ele segue o campo magnético rotativo no estator. Esta força é proporcional às intensidades de fluxo e de corrente.

O motor de indução funciona normalmente com velocidade constante proporcionada pelo campo magnético girante. Logo a velocidade do campo é chamada de velocidade síncrona em função de dois fatores: polos magnéticos gerados em função de sua construção física e frequência da rede elétrica a qual está instalado. Variando-se a frequência da tensão de alimentação, varia-se também a velocidade do campo girante e consequentemente a velocidade mecânica de rotação da máquina.

Para inverter o sentido de rotação, é necessário inverter o sentido da corrente do enrolamento auxiliar. A inversão do sentido da corrente pode ser fixa ou variável. Para que isso ocorra basta instalar uma chave de partida de reversão, onde ao acionar a chave ela realiza uma comutação na alimentação e no fechamento e por consequência inverte a rotação do motor.

O torque depende, basicamente, da intensidade da interação entre os campos do rotor e do estator, representados pela corrente do rotor e a tensão do estator. O conjugado é a medida do esforço necessário para girar um eixo.

Os motores de indução trifásicos podem dispor de três, seis, nove ou doze terminais para a ligação à rede elétrica e são ligados das seguintes maneiras:

a) Motores com seis terminais são ligados em 220/380 V ou 440/760 V;

b) Motores com nove terminais podem ser ligados em 220/380/440 V;

c) Motores com doze terminais podem ser ligados em 220/380/440/760 V.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais e metódos

O circuito desenvolvido para ligação do motor foi uma chave estrela-triângulo automática onde seus componentes foram montados em uma bancada simulando um quadro elétrico. Foram montados dois circuitos na bancada, sendo um de força e outro de comando. A Fig. 1 mostra os componentes montados na bancada com o circuito interligado no motor.

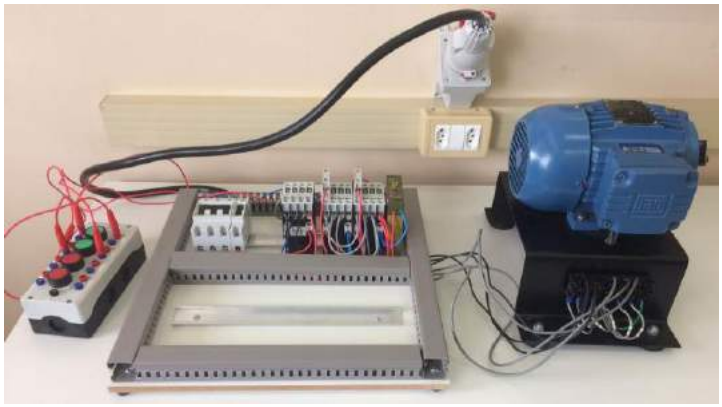


Figura 1. Chave estrela-triângulo e motor elétrico

O motor utilizado na ligação foi um motor de indução trifásico da marca WEG, com potência de 1/2 cv. A Fig. 2 mostra a placa com as características técnicas e de ligação do motor.

Figura 2. Placa de identificação do motor

Para a montagem da bancada de ligação foram utilizados os seguintes materiais (SOUZA; COSTA, 2003):

- 01 botoeira NA;
- 01 botoeira NF;
- 01 Relé temporizado do circuito (com um contato auxiliar 1NF);
- 01 Contactor tripolar 220 V (com dois contatos auxiliares 1NA + 1NF);
- 01 Contactor tripolar 220 V (com um contato auxiliar 1NF);
- 01 Contactor tripolar 220 V (com um contato auxiliar 1NA);
- Fios e cabos;
- 01 Motor trifásico (380/660 V) com seis terminais, 1/2 cv;
- Elementos de proteção do circuito (disjuntores).

As botoeiras foram utilizadas para acionar o circuito, os disjuntores e as contactoras para fazer a proteção do mesmo para que não haja queimas de outros componentes, o temporizador faz a mudança de estrela para triângulo após 5 segundos, o motor trifásico (380/660 V) para ligá-lo e fios e cabos para fazer a ligação entre os componentes.

A Figura 3 mostra o esquema de ligação utilizado para partida estrela-triângulo automática (a) e o circuito de força e comando montado em laboratório (b).

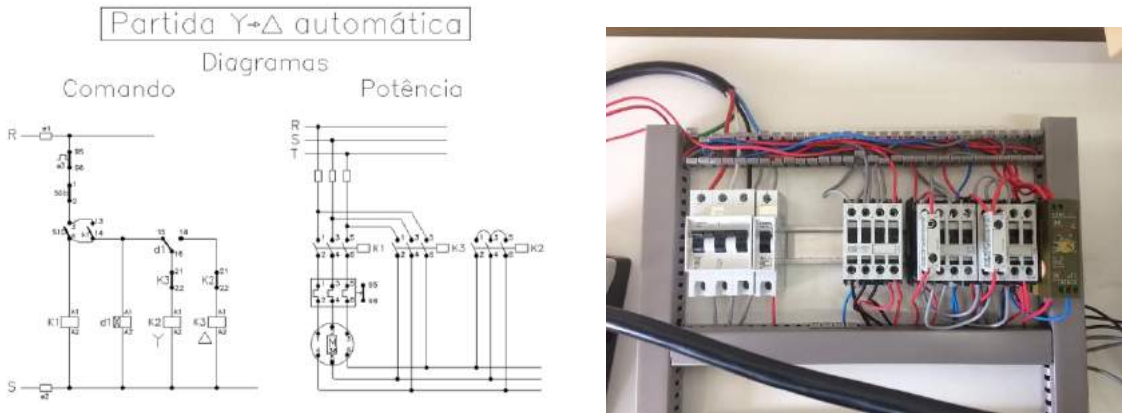


Figura 3. (a) Esquema de ligação para partida estrela-triângulo (Sala da Elétrica, 2017) e (b) circuito de força e comando montado

No esquema montado em laboratório não foi utilizado relé térmico, pois para fins de testes o motor estava partindo sem carga acoplada ao eixo. Sendo assim, se tornou dispensável o uso do mesmo, já que sua função é somente proteger o motor caso exceda a sua carga.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No decorrer da prática, observou-se que quando acionado o motor no comando estrela houve um pico de corrente elétrica máxima de 0,7 A (*ampéres*), estabilizando em 0,5 A, após cinco segundos quando houve a troca de comando na forma triângulo. Em outra prática o motor foi ligado diretamente com o comando triângulo, que se verificou um pico de corrente elétrica máxima de 2,5 A, estabilizando em 1 A. Com isso pode-se concluir que quando houve partida do motor diretamente com ligação triângulo a corrente elétrica foi de 3,57 vezes maior do que quando ligado na forma de estrela-triângulo.

5. CONCLUSÕES

De maneira geral, a funcionalidade do circuito elétrico desenvolvido foi satisfatória onde todos os estágios apresentados no protótipo funcionaram, fornecendo um conhecimento prático do conceito visto em sala de aula que uma partida estrela-triângulo possibilita um dimensionamento de condutores elétricos de até 8 vezes menor do que quando for uma partida somente em triângulo.

6. REFERÊNCIAS

Chapman, S. J., *"Fundamentos de máquinas elétricas",* tradução: Anatólio Laschuk. – 5. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : Amgh, 2013.

Souza, R. T. e Costa, E. G., *" Instalações Elétricas Industriais"*. Campina Grande: UFCG, 2003. 46 p.

Weg., "*Manual do kit didático de eletrotécnica industrial: Manual do Aluno"*. Jaraguá do Sul - SC: [s.n.], [s.a]. 55 p. Disponível em: <http://www.labs.eletrica.unir.br>. Acesso em: 26 jun. 2017.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material impresso neste documento.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE SUPERVISÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS AO MONITORAMENTO DO PROCESSO DE SECAGEM DE GRÃOS EM SILO-SECADOR

Elisangela Caroline Cervinski
Adilson Luís Stankiewicz
Cássio Luciano Baratieri
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus de Erechim
elisangelacervinski@hotmail.com; adilsonluis@uricer.edu.br; cassiobaratieri@uricer.edu.br.

Resumo. *Tendo em vista os custos excessivos relativos aos processos de pós-colheita, o déficit de armazenagem de grãos no País e a complexidade referente ao controle manual desses processos, tornar a tecnologia disponível aos pequenos produtores de grãos por intermédio de um sistema de automação de baixo custo revela-se como um procedimento estratégico. Desse modo, esse trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de supervisão e aquisição de dados ao monitoramento do processo de secagem de grãos em silo, com o ar em seu estado natural, visando sua aplicação às pequenas e médias propriedades rurais. Nesse sentido, o desenvolvimento do sistema de supervisão e aquisição de dados foi dividido em etapas sequenciais, dentre as quais se destacam o desenvolvimento de uma interface de comunicação baseada no padrão RS-485, a elaboração de um protocolo de comunicação baseado no Protocolo Modbus RTU, o desenvolvimento de um sistema supervisório com base no software Visual Studio Community e a elaboração de um sistema embarcado completo. De modo geral, os resultados obtidos indicaram um apropriado desempenho operacional do sistema supervisório, visto que o mesmo disponibilizou de uma atualização de dados coerente, além de permitir a atuação sobre o sistema de automação e a elaboração de relatórios.*

Palavras-chave: *secagem de grãos, automação, interface de comunicação, protocolo de comunicação, sistema supervisório.*

1. INTRODUÇÃO

A produtividade de grãos no Brasil nos últimos anos teve um aumento significativo. O Brasil é uma nação extremamente competente em vista de sua produção agrícola, ao passo que ocupa uma posição relevante frente a outras nações mundiais, detendo o *ranking* de terceiro maior exportador agrícola. Como produtor de soja, o País é o segundo maior do mundo. De acordo com Citolin (2012), para que este cenário continue positivo, é importante que o desenvolvimento tecnológico do setor acompanhe o seu crescimento.

Os processos de pós-colheita compõem uma parcela não desprezível dos custos envolvidos na produção de grãos. Conforme o Agrianual (2013 apud Maia et al., 2013), as etapas de operações e os processos de pós-colheita em que as atividades de armazenagem se inserem são responsáveis cada um por 15% dos custos totais da produção de milho. A partir de 2010, os custos dos processos de armazenagem registraram um significativo crescimento e os itens que mais contribuíram para isso foram recebimento/limpeza/secagem e a armazenagem propriamente dita.

Esse cenário torna-se ainda mais preocupante quando considerado o *déficit* de armazenamento de grãos no País. De acordo com a Sociedade Nacional de Agricultura (SNA), os 17,7 mil armazéns cadastrados junto à Companhia de Nacional de Abastecimento (Conab), com capacidade de 152 milhões de toneladas de grãos, continuam insuficientes para a safra de 2016/2017 estimada em 210,3 milhões de toneladas.

Nesse contexto, a única alternativa que o produtor rural possui para evitar transtornos e custos excessivos relativos à pós-colheita é executar a secagem e a armazenagem do produto na própria unidade produtora com a utilização do ar em condição ambiente, uma vez que o ar aquecido pode acarretar em elevado consumo de energia elétrica, inviabilizando o processo. No entanto, essa alternativa ainda apresenta-se como uma abordagem arriscada, visto que a secagem de grãos utilizando ar ambiente na própria unidade produtora é sazonal. Além disso, a mesma exige um elevado tempo de dedicação ao processo, bem como um alto grau de conhecimento relativo à Psicrometria por parte do operador do ventilador centrífugo. Caso o ventilador centrífugo for acionado em momentos não favoráveis à secagem, poderão ocorrer perdas qualitativas e quantitativas de produto, ocasionando prejuízos finais de grande escala ao produtor.

Uma forma de mitigar as perdas e os prejuízos mencionados é por meio do investimento em tecnologia. Ferrasa(2008) afirmou que os grandes produtores brasileiros contam com disponibilidade maior de recursos, investem

em inovações tecnológicas, visando aumentar a produtividade, fato esse que não é visível nos pequenos produtores de grãos.

Diante disso, a maneira mais adequada de solucionar esse impasse é por meio do desenvolvimento de um sistema de automação de baixo custo para a execução do processo de secagem e armazenagem dos grãos, com o ar em condição ambiente, visando sua aplicação às pequenas propriedades rurais.

Nesse sentido, existem sistemas automáticos voltados para a área de pós-colheita de grãos, principalmente visando à armazenagem do produto, por intermédio do controle da temperatura do interior do silo armazenador. Um desses sistemas, o qual foi proposto por Rigoni (2016), é capaz de executar em simultâneo a secagem e o controle da temperatura da massa de grãos. Essa proposta evita o seu aquecimento e a consequente aceleração do seu metabolismo durante os períodos estáticos do ventilador centrífugo, nos quais as condições do ar atmosférico não se encontram favoráveis à secagem.

Entretanto, o sistema de automação proposto por Rigoni (2016) requer aprimoramentos com relação à sua interface homem-máquina, visto que esse sistema não permite a visualização de dados em tempo real, nem a atuação sobre ele. Da mesma forma, como os dados gerados pelo sistema proposto pelo autor são depositados em um cartão de memória, toda vez que se faz necessário realizar uma coleta de dados, a operação do sistema deve ser interrompida.

Diante desse possível aprimoramento, esse trabalho visa o desenvolvimento de um sistema de supervisão e aquisição de dados em tempo real aplicado ao sistema de automação proposto por Rigoni (2016), de forma que permita uma maior aproximação entre o produtor e os dados relativos às variáveis de interesse da operação do sistema. Além disso, este sistema supervisório poderá ser aplicado a outros sistemas de automação dedicados à área de Pós-Colheita de grãos.

2. METODOLOGIA

2.1 Desenvolvimento da interface de comunicação

A fim de desenvolver a interface física de comunicação, definiu-se pela utilização do padrão RS-485 *half-duplex*, uma vez que o mesmo é de simples implementação, permite uma comunicação a longas distâncias e possui baixa susceptibilidade às interferências eletromagnéticas (comunicação diferencial), tornando-se aplicável ao contexto deste trabalho.

Para proporcionar o fluxo de dados entre o sistema de automação e o computador e vice-versa, foi necessária a utilização de um par de fios trançados (representando os canais A e B do padrão RS-485), dois módulos MAX485, uma interface MAX232 e uma rede RS-232, com a conversão do conector DB9 para USB.

A recepção (Rx) e a transmissão (Tx) de dados do sistema de automação são dadas, respectivamente, pelas portas digitais 0 e 1 da plataforma Arduíno. Supondo que o fluxo de dados é do sistema de automação para o sistema computacional, tem-se o seguinte processo: os dados são emitidos pelo sistema de automação por meio da porta digital de transmissão, sendo então convertidos em um padrão diferencial (canais A e B) por meio de um módulo MAX485. Esses dados são transportados pelo padrão diferencial até o sistema computacional, sendo novamente convertidos em Rx, por meio de outro módulo MAX485. Após, os mesmos são submetidos a uma interface MAX232 para serem convertidos para o padrão RS-232, o qual apresenta em suas extremidades um conversor serial/USB. Dessa forma, os dados são recebidos por meio da porta USB do computador, para então serem manipulados via software (supervisório desenvolvido). A Fig.1 apresenta a interface física completa de comunicação desenvolvida.

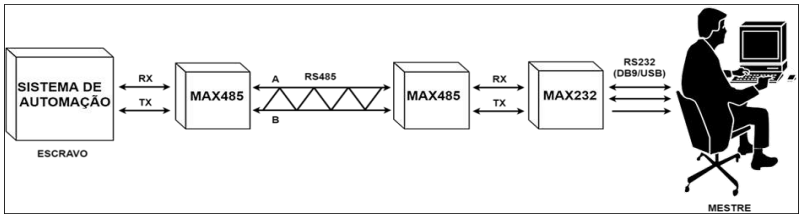


Figura 1. Interface física de comunicação desenvolvida

2.2 Desenvolvimento do protocolo de comunicação

Tendo em vista o processo de comunicação de dados, torna-se imprescindível o estabelecimento de um conjunto de regras entre os dispositivos conectados no sistema de comunicação. Sabendo-se que as extremidades da interface de comunicação são compostas pelo sistema mestre (sistema computacional) e pelo sistema escravo (sistema de automação), para realizar a comunicação de ambos, foi necessário desenvolver um protocolo de comunicação.

Nesse sentido, a inserção de um protocolo de comunicação padrão pode proporcionar maior confiabilidade com relação ao fluxo de dados, impedindo a exibição errônea de informação no sistema supervisório e a consequente má interpretação dos dados por parte do operador do processo.

O protocolo *Modbus* é uma estrutura de mensagem aberta desenvolvida na década de 70. Essa estrutura é muito utilizada no processo de comunicação entre dispositivos mestre e escravo. Nessa perspectiva, esse protocolo apresenta-se como uma das soluções mais empregadas em termos de automação industrial, uma vez que possui simplicidade e fácil implementação. Além disso, ele pode ser utilizado em sistemas de comunicação que possuem seu padrão físico baseado em Ethernet, RS-232 e, principalmente, RS-485.

Dessa forma, o protocolo padrão foi desenvolvido com base no protocolo *Modbus* RTU, onde os dados são transmitidos de uma só vez na forma de um "pacote". Nesse processo, foi definida uma velocidade de transmissão padrão de 9600 bits/s, 8 bits de dados (*data bit*), 1 bit de parada (*stop bit*) e zero bit de paridade (*parity bit*). Os pacotes de dados enviados pelos sistemas mestre e escravo possuem as estruturas apresentadas na Fig. 2.

Figura 2. Estruturas das mensagens enviadas pelo mestre (à esquerda) e pelo escravo (à direita)

O pacote de dados é enviado pelo sistema mestre ao sistema escravo toda a vez que se faz necessária uma nova atualização de dados (a qual ocorre a cada intervalo de tempo de 5 segundos), ou a execução do reset do sistema de automação, ou ainda, o desejo da alteração das configurações ali estabelecidas. Quando o sistema escravo, por sua vez, recebe esse pacote de dados, o mesmo executa uma verificação detalhada. Essa verificação consiste na leitura dos dados recebidos e sua comparação com valores pré-determinados no sistema mestre.

No momento em que é realizada uma solicitação de atualização de dados pelo sistema mestre e essa solicitação é identificada pelo sistema escravo por meio da verificação mencionada, o sistema escravo deve retornar ao sistema mestre o seu pacote de dados com a estrutura apresentada na Fig.2.

Da mesma forma, após o sistema mestre receber esse pacote de dados, o mesmo realiza também uma verificação, com o intuito de evitar que sejam apresentados erros indesejados no sistema supervisório.

2.3 Desenvolvimento do sistema supervisório

Um sistema supervisório deve ser capaz de executar configurações dedicadas à interface de comunicação e de apresentar informações relevantes relativas ao processo/sistema a ser monitorado. É de interesse também que ele seja capaz de proporcionar operações sobre o processo/sistema, além de permitir a elaboração de relatórios. Dessa forma, a Fig. 3 sintetiza a estrutura básica do sistema supervisório proposto nesse trabalho.

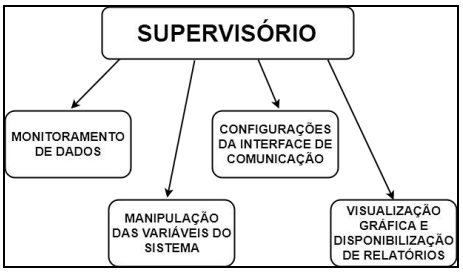


Figura 3. Proposta de sistema supervisório

O sistema supervisório do presente trabalho foi desenvolvido com base no *software Visual Studio Community*, versão 2015. Os motivos que levaram à escolha deste software foram o nível elevado de abstração, a linguagem de programação C utilizada, bem como por se tratar de uma versão livre.

Para a elaboração do supervisório foi necessário, além das ferramentas fundamentais, o uso de um bloco de *timer* e de um bloco de porta serial. O bloco de porta serial foi responsável por possibilitar o supervisório a realizar o recebimento e o envio de dados por meio da interface serial do computador. Por outro lado, o bloco de *timer* tem como função permitir o sincronismo de monitoramento do fluxo de dados.

2.4 Desenvolvimento do sistema embarcado

Nos dias atuais, as Placas de Circuito Impresso (PCIs) são amplamente utilizadas em diversos equipamentos eletrônicos, especialmente aqueles constituídos de circuitos integrados. No geral, um projeto no contexto da Engenharia Eletrônica possui sua fase inicial baseada em circuitos desenvolvidos em *protoboards*. No entanto, quando se deseja que esse projeto atinja o caráter de um produto final, a necessidade da produção de uma PCI torna-se inerente, uma vez

que ela realiza um aperfeiçoamento visual relevante e, ao mesmo tempo, traz maior confiabilidade ao projeto desenvolvido.

Nesse sentido, a etapa final desse trabalho foi determinada pela elaboração de duas PCIs com base no *software* Proteus®. Em vista disso, uma delas foi desenvolvida especialmente para o sistema de automação da secagem e aeração de grãos proposto por Rigoni (2016), ou seja, para o sistema escravo de comunicação. Por sua vez, a outra PCI foi elaborada para o circuito cuja função é realizar a interface entre o canal de comunicação e o sistema computacional.

3. RESULTADOS

3.1 Avaliação da interface física de comunicação

Motivando-se pela necessidade de simular um adequado âmbito de funcionamento e, dessa forma, avaliar a interface física de comunicação desenvolvida, foram realizados testes com diferentes alcances do canal de comunicação, os quais totalizaram 20 metros e 180 metros de cabo. A Fig. 4 sintetiza os testes realizados.

Figura 4. Avaliação da interface física de comunicação

Durante ambos os experimentos, os quais compreenderam um intervalo aproximado de uma hora de observação criteriosa das informações, o sistema supervisório não apresentou falhas. Além disso, o mesmo permitiu a devida operação sobre o sistema de automação. Isso significa que a interface física de comunicação desenvolvida pode ser aplicada a um sistema de pós-colheita de grãos operando em escala efetiva de funcionamento, desde que seja respeitado o limite máximo de alcance do padrão RS-485.

3.2 Avaliação do protocolo de comunicação

A verificação da devida funcionalidade do protocolo padrão desenvolvido foi realizada mediante uma observação das informações exibidas no sistema supervisório. Dessa forma, foram testados ambos os alcances da interface física desenvolvida (20 metros e 180 metros) e os mesmos apresentaram um desempenho similar. Durante esse processo, não foram verificadas falhas com relação à exibição das informações no sistema supervisório.

Nessa perspectiva, por se tratar de um fluxo de pacotes de dados entre os sistemas mestre e escravo, incluindo as diversas verificações relativas à confiabilidade desses dados por ambos os sistemas, torna-se evidente que o protocolo padrão desenvolvido proporciona vantagens importantes ao sistema proposto, tais como a possibilidade de aumento do tempo de atualização de dados e a segurança de que todas as informações exibidas são integralmente verdadeiras.

3.3 Avaliação do sistema supervisório

Como forma de satisfazer os requisitos principais de um sistema supervisório, nesse trabalho foram elaboradas seis abas de exibição: “configurações”, “operação sobre o sistema”, “gráficos”, “relatório de dados”, “relatório de gráficos” e “dados”. A aba “configurações” foi desenvolvida a fim de possibilitar a seleção, a habilitação e a desabilitação da porta serial de interesse, bem como a seleção da velocidade de transmissão/recepção dos dados. Com relação à velocidade, foram inseridas as seis opções mais usuais, dentre as quais: 4800 bits/s, 9600 bits/s, 19200 bits/s, 38400 bits/s, 57600 bits/s e 115200 bits/s.

A aba “operação sobre o sistema” foi desenvolvida com o intuito de permitir que o usuário reinicie o sistema de automação (*reset*) bem como efetue a troca do tipo de grão e/ou da faixa de umidade, caso exista essa necessidade.

Por sua vez, a aba “gráficos” foi desenvolvida a fim de permitir que o usuário visualize de forma gráfica e em tempo real como está o comportamento das condições atmosféricas (umidade e temperatura do ar), da temperatura interna do silo-secador e da umidade de equilíbrio dos grãos.

Além disso, a aba “dados” permite que o usuário visualize, também em tempo real, qual é o tipo de grão que está sendo secado, a faixa de umidade em que ele se encontra, o valor das temperaturas externa e interna, o valor da umidade relativa do ar, o valor da umidade de equilíbrio dos grãos e o status do sistema. Com relação ao *status*, o supervisório é capaz de apresentar as seguintes possibilidades: “ventilador ligado”, “ventilador desligado” ou “reduzindo TI”, sendo TI a temperatura interna do silo.

A aba “relatório de dados” teve por objetivo exibir os dados a cada intervalo de tempo pré-estabelecido pelo operador. Quando for identificada a necessidade do arquivamento desses dados, uma nova janela é disponibilizada, de maneira a possibilitar o armazenamento do arquivo em formato “*.txt” na pasta desejada.

A aba “relatório de gráficos” desenvolvida proporciona a exibição em forma de gráficos dos dados que variam conforme as condições atmosféricas (valores de temperatura e umidade), da temperatura interna do silo e da umidade de equilíbrio dos grãos. Da mesma forma, quando identificada a necessidade do arquivamento desses gráficos, uma nova janela é disponibilizada, a qual possibilita o armazenamento do arquivo nos formatos “.xls” e/ou “.pdf” e/ou “.docx”. Além disso, essa aba permite que o usuário realize a impressão dos gráficos gerados sem que haja a necessidade de efetuar o salvamento do arquivo. A Fig. 5 apresenta o resultado obtido com relação às abas desenvolvidas.

Figura 5. Abas do sistema supervisório desenvolvido

3.4 Desenvolvimento do sistema embarcado

O desenvolvimento das PCIs para o sistema de automação proposto por Rigoni (2016) bem como para o circuito responsável por realizar a interface entre o canal de comunicação e o sistema computacional, foi motivado pela necessidade de um aperfeiçoamento visual de ambos os sistemas, além da busca por maior confiabilidade. A Fig. 6 sintetiza ambos os resultados obtidos.

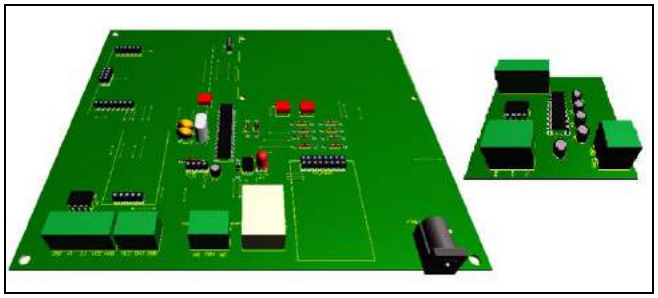


Figura 6. PCIs desenvolvidas

Por meio da análise da Fig. 6 é possível a percepção de que o desenvolvimento de PCIs para um projeto que visa um caráter final é de fundamental importância, visto que esse processo facilita a identificação dos componentes envolvidos no projeto. Além disso, o projeto passa a ter a característica de ser facilmente transportável, fato esse que não era verificado nos circuitos desenvolvidos em *protoboards*.

3.5 Validação do sistema proposto

Depois de realizadas todas as etapas metodológicas propostas nesse trabalho, uma validação do sistema proposto tornou-se necessária, uma vez que o desempenho das PCIs desenvolvidas deveria ser avaliado. Para tanto, foi desenvolvida uma bancada experimental, a qual pode ser visualizada na Fig. 7.

Figura 7. Bancada experimental relativa ao processo de validação do sistema proposto

Por meio da conexão de ambas as interfaces físicas de comunicação e da realização de uma fundamentada observação das informações exibidas no sistema supervisório, constatou-se que o sistema proposto apresentou um comportamento eficiente. Esse fato se justifica, uma vez que o mesmo desenvolveu com êxito todas as suas atribuições, as quais envolviam a exibição de dados, a disponibilização de relatórios, bem como a operação sobre o sistema de automação. Como particularidades do sistema supervisório desenvolvido, destacam-se a sua simplicidade e sua interface intuitiva. Essas características o tornam acessível a qualquer pessoa que possua conhecimentos básicos em informática, peculiaridade primordial quando considerado o contexto no qual este trabalho está inserido.

4. CONCLUSÕES

Esse trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de supervisão e aquisição de dados ao monitoramento do processo de secagem de grãos em silo, com o ar em seu estado natural, visando sua aplicação às pequenas e médias propriedades rurais. Nesse sentido, o presente trabalho consistiu no aprimoramento da interface homem-máquina do sistema proposto por Rigoni (2016), com o intuito de possibilitar a visualização de dados em tempo real e a atuação sobre o sistema de automação.

De modo geral, considerando os alcances do padrão RS-485 testados, não foram detectados erros durante a exibição das informações no sistema supervisório proposto. Assim, pode-se afirmar que a interface física de comunicação proposta mostrou-se adequada ao contexto de aplicação, visto que possui particularidades importantes, tais como o alcance elevado e a imunidade à interferência eletromagnética. O protocolo de comunicação padrão desenvolvido proporcionou uma adequada confiabilidade à exibição das informações no sistema supervisório, uma vez que ambos os sistemas (mestre e escravo) executaram diversas verificações de segurança nos pacotes de dados por eles recebidos. Além disso, a elaboração do sistema embarcado completo por meio da confecção das PCIs proporcionou um bom aperfeiçoamento visual, além de tornar o sistema mais confiável. Por fim, constatou-se que os resultados obtidos validam os procedimentos metodológicos propostos nesse trabalho e revelam um adequado desempenho operacional quando comparado com propostas similares.

5. REFERÊNCIAS

Agrianual. “Anuário da agricultura brasileira”. Ago. 2016 <http://agrianual.com.br/>.

Citolin, R S., 2012. *Sistema de termometria para silos*. Projeto de Diplomação - UFRGS, Porto Alegre.

Dias, A. H., 2007. S*istema especialista para automação do processo de aeração de grãos de milho em pequenas propriedades*. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - UNESP, Botucatu.

Ferrasa, M., 2008. *Sistema de monitoramento de temperatura e umidade em silos graneleiros via rádio*. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - UNESP, Botucatu.

Maia, G. B. da S. et al., 2013. “Panorama da armazenagem de produtos agrícolas no Brasil”. Ago. 2016 <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev4005.pdf>.

Rigoni, F., 2016. *Implementação de um sistema de segurança na automação do processo de secagem de grãos em silos-secadores*. Trabalho de Final de Curso - URI, Erechim.

SNA. “Capacidade de armazenagem de grãos continua insuficiente no Brasil”. Nov. 2016 < http://sna.agr.br/capacidade-de-armazenagem-de-graos-continua-insuficiente-no-brasil/>.

6. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material desse artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DESENVOLVIMENTO DE FONTE CHAVEADA FLYBACK

Angélica Paula Caús
Évelyn dos Santos Sagiorato
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
angelicacaus@hotmail.com; 137268@upf.br;

Rodrigo Siqueira Penz
Edson Santos Acco
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
rodrigopenz@upf.br; edson@upf.br

Resumo. *As fontes chaveadas tipo Flyback possuem isolamento entre a fonte de alimentação e as tensões reguladas de saída, pois operam com transformador isolador. Apresentam vantagem em relação às fontes lineares reguladas comuns, podendo ser bivolt automática e podendo utilizar pequenas capacitâncias nas tensões reguladas, visto de sua elevada frequência de chaveamento. Um dos pontos principais da fonte Flyback é o circuito de controle, onde este necessita de uma realimentação provinda do transformador. Este trabalho apresenta uma forma de realimentação utilizando um circuito de conversão U/F (tensão para frequência) para uma fonte chaveada com alimentação bivolt 110/220 V e duas fontes independentes de saída, uma sendo de 12 V sob uma corrente de saída de 2 A e a outra de 20 V sob uma corrente de saída de 500mA.*

Palavras chave: *Flyback, Fonte Chaveada, Transformador, Indutância.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a maioria dos dispositivos eletrônicos necessita de uma fonte de alimentação estável. Para equipamentos que possuem um baixo consumo, a alimentação pode ser realizada através de pilhas ou baterias, porém, para equipamentos com maior consumo é necessária a utilização de uma fonte de alimentação ligada diretamente na rede elétrica.

Devido à necessidade de conseguir maior potência sob um menor tamanho, as fontes de alimentação do tipo chaveadas começaram a ser desenvolvidas com o intuito de substituir as fontes lineares reguladas tradicionais, as quais são pesadas e volumosas.

2. METODOLOGIA E RESULTADOS

O presente relatório descreve o projeto e produção de uma fonte chaveada com capacidade para alimentação de circuitos de até 24 Watts de potência. O projeto foi baseado na teoria do modo de condução descontínua aplicada aos conversores *Flyback*. O projeto foi desenvolvido em três partes principais: desenvolvimento de fonte auxiliar de alimentação, circuito de comando de gatilho do IGBT (Transistor Bipolar de Porta Isolada) e o conversor Flyback propriamente dito.

2.1 Conversor Flyback

O flyback é uma topologia de conversor utilizado tanto para conversões CA-CC quanto para CC-CC. Para o desenvolvimento deste conversor é utilizada uma técnica de armazenamento de energia em forma de fluxo magnético, através de um semicondutor de potência, que opera como interruptor. Assim, pode alternadamente, carregar o indutor com energia e em operação desligado a energia armazenada é conduzida para a fonte de saída (BARBI, 2007).

Para o modo de condução descontínua do conversor flyback, a corrente do transformador aumenta linearmente quando a chave é fechada, isso ocorre devido à indutância de magnetização do transformador. Quando a chave está aberta, a energia armazenada na indutância de magnetização é transferida do transformador para a saída. (HART, 2012)

Primeiramente foram realizados os cálculos e a confecção do elemento magnético do conversor, baseado na tensão de entrada fornecida pela rede elétrica que é de 90 Vca até 240 Vca e que depois de retificada poderá variar de 127 Vcc até 340 Vcc. Também, como informações iniciais do projeto, as fontes secundárias são de 12 V e corrente de

2 A e outra de 20 V com corrente de 500 mA, onde totalizam uma potência total de saída igual a 34 Watts. Cabe salientar que a fonte de 20 V é utilizada pelo próprio circuito eletrônico da fonte Flyback para alimentar o sistema de controle e chaveamento do semicondutor. É necessário também levar em consideração a frequência de operação e o rendimento que é esperado. Para os cálculos do transformador foi tomando como referência o livro "Projeto de Fontes Chaveadas" de Ivo Barbi e, a partir dos cálculos realizados, foram obtidos os valores de 92 espiras primárias, para as quais foi utilizado fio AWG 24, e para o secundário referente a saída de 20V, obteve-se 11 espiras com fio AWG 18 e para o secundário da saída de 12 Volts obteve-se 7 espiras com fio AWG 15. O núcleo magnético definido no projeto foi o modelo E 42/15.

Como base para o projeto o conversor utiliza a topologia flyback mostrada na Fig. 1.

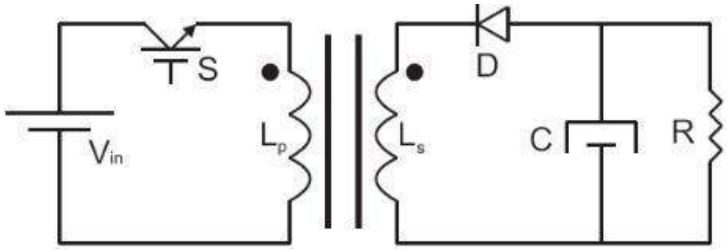


Fig. 1. Conversor CC-CC flyback

Após a confecção do transformador foram realizados alguns testes, submetendo o mesmo uma frequência de comutação de 16.000 hertz e uma tensão de 30 Volts, onde foi identificado que surgiram picos elevados de tensão devido à presença da tensão reversa, produzida no desligamento da bobina primária do elemento magnético. Também, foi observada a existência de ruídos na tensão de coletor do semicondutor usado para realizar a comutação.

Uma vez que os picos de tensão elevada ocorrem devido à comutação das cargas indutivas, foi necessário projetar um circuito *snubber* para proteger o semicondutor dos altos picos de tensão. Além de um *snubber*, foi utilizado um circuito do tipo RCD, onde este é composto por um capacitor, um resistor e um diodo (MOHAN *et al, 2003*).

Foram inseridos ao circuito dois diodos do tipo TVS ligados em anti-série e conectados em paralelo com o enrolamento primário do transformador, efetivando a proteção contra os surtos de tensão. O diodo usado nesta aplicação tipo TVS (Transistor Supressor de Tensão) entra em condução quando colocado em polarização reversa e a tensão sobre o mesmo está acima de sua tensão de condução ou de *clamp*. Foram usados TVS's que iniciam a condução em 450 Volts (BRAGA).

Com o intuito de reduzir as ondulações na tensão de saída foi projetado um filtro de saída, no qual foi levado em consideração a corrente de saída (Io), a razão cíclica máxima (D_{max}), igual a 0.6, a frequência (f) que será usada para comutar o semicondutor e a máxima ondulação da tensão de saída (ΔVC). Assim, fazendo uso da Eq. 1, foi definido para a fonte de 20 V o valor de 47µF, sendo este o capacitor C7 na Fig. 2, e para a fonte de 12 V o valor de 100µF, sendo este o capacitor C8 na Fig. 2.

$$C= (I_0.D_{max})/(f. \Delta VC) \quad (1)$$

Para a escolha do transistor de chaveamento da bobina primária do transformador foi levado em consideração a tensão máxima sobre este através da Eq. 3 e a corrente que o mesmo precisa conduzir através da Eq. 2. Após o cálculo, obteve-se a corrente de pico no primário calculada de 1,41 A e a tensão máxima sobre o semicondutor de 311 V.

$$Ip = (2\ P_{out})/(\boldsymbol{\eta}.V_{min}.D_{max}) \quad (2)$$

$$Vce = V_{max} + V_{out}.(Np/Ns) \quad (3)$$

Assim, o transistor especificado foi o IGBT G7PH35UD, o qual apresenta tensão de emissor/coletor de 1200 Volts e corrente nominal de 20 Amperes.

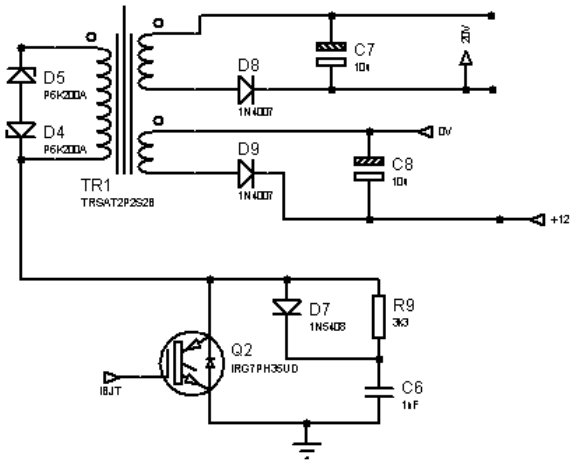


Fig. 2. Conversor Flyback desenvolvido

Após a alimentação foi dimensionada uma ponte retificadora com capacidade de corrente de 1,5 A e de tensão reversa de 500 V, assim, foi especificada a ponte retificadora modelo 2W10. Para reduzir as ondulações de tensão após a retificação foi projetado um filtro de saída da ponte retificadora, repesentados pelos capacitores C1 e C2 na Fig. 4, os quais foram calculados através da Eq. 4 e seus valores são de 100 µF.

$$C1 = C2 = (I_0 .D_{max})/(f_s. \Delta VC) \quad (4)$$

Através da Fig. 3 é possível visualizar as formas de onda adquiridas na comutação do transformador após a inserção das proteções.

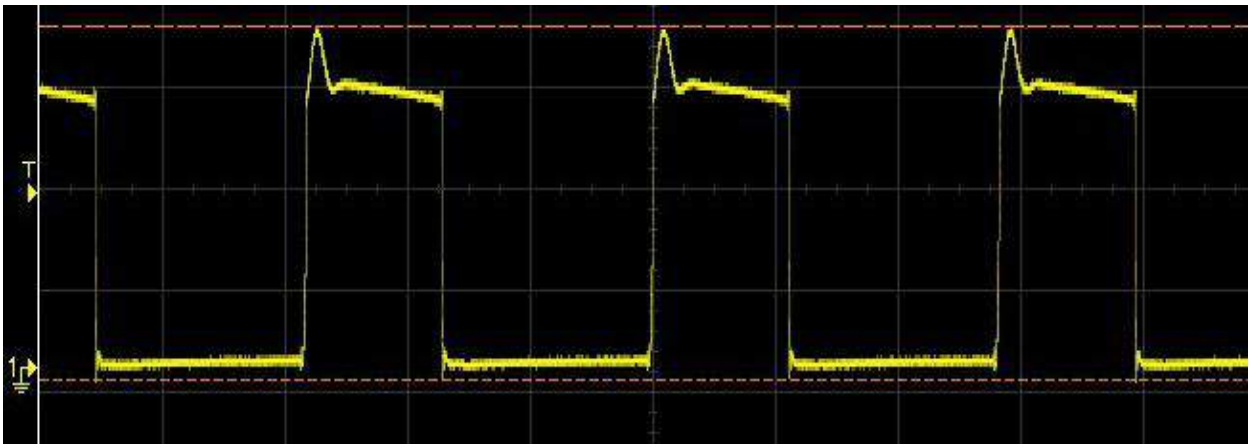


Fig. 3. Comutação do transformador

2.2 Fonte auxiliar de alimentação

Para que o transformador possa iniciar o chaveamento, foi utilizada uma fonte de alimentação auxiliar, assim, em um primeiro momento, o circuito de comando de gatilho do IGBT é alimentado através de um diodo zener de 15V, identificado por D1 na Fig. 4, que regula a tensão derivada da rede elétrica. Para isto, a tensão da rede elétrica já retificada passa por um divisor de tensão resistivo, formado por três resistores (R1, R2, R3), assim, a diferença de potencial sobre cada resistor é de aproximadamente 1/3 da tensão já retificada e a corrente no diodo zener é adequada. O circuito da fonte auxiliar pode ser visualizado na Fig. 4.

Após o transformador iniciar a condução, o circuito de comando é alimentado através da fonte de 20V, a qual é inserida no sistema através do diodo D3 e tendo esta fonte uma tensão maior que a produzida pelo diodo zener de 15 V, a fonte de 20 V coloca o diodo D2 em corte, desabilitando a fonte provinda do diodo zener.

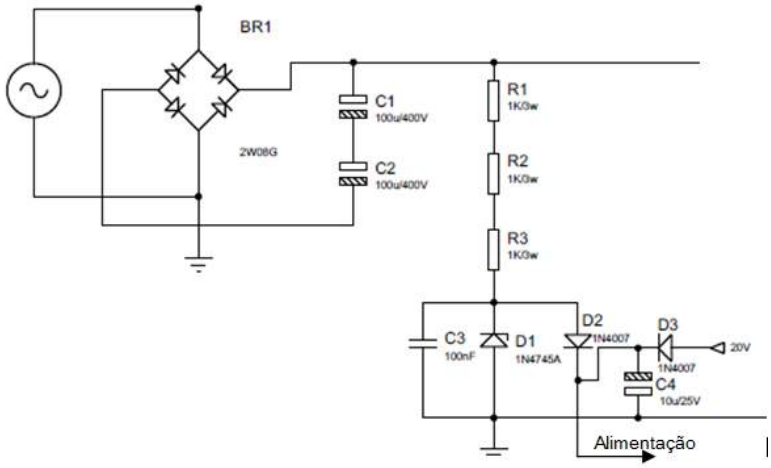


Fig.4. Circuito da fonte auxiliar desenvolvida

2.3 Comando de gatilho do IGBT

Visando atender as necessidades do sistema foi desenvolvido o projeto de um circuito de gatilho de frequência de 16 kHz, visando reduzir as perdas por chaveamento do transistor. Para gerar o sinal de PWM foi utilizado o CI TL494, pois o mesmo além de gerar sinais de PWM também realiza o controle de tensão usando os seus comparadores internos.

Para o controle de tensão, foi projetado um divisor de tensão resistivo na saída da fonte de 12 V utilizando os resistores R20, R21 e R22, como visto na Fig. 5. Este divisor resistivo permite obter uma tensão de 2,5 V a qual é inserida no pino 1 do TL494, a tensão inserida no pino 1 do TL 494 é comparada com a tensão de 2,5 V inserida no pino 2 do mesmo, proveniente do divisor resistivo representado por R18 e R19. A tensão de 5 V deste divisor é gerada internamente pelo TL494 e está disponível no pino 14 do mesmo.

Para realizar o controle de tensão, o TL494 compara a tensão recebida no pino 1 com a que está presente (fixada em 2,5 Volts). Quando o nível de tensão no pino 1 estiver abaixo da tensão do pino 2 , o componente aumenta a largura de pulso da sua saída PWM, para assim, elevar novamente a tensão de saída. Caso o nível de tensão no pino 1 esteja acima da tensão do pino 2, a largura de pulso é reduzida.

Para definir a frequência de saída do sinal do TL494, é usada a Eq. 5.

$$Fosc = 1/ (Ct \times Rt) \quad (5)$$

Como a frequência definida foi 16KHZ e o capacitor sugerido foi de 10nF, obteve-se um resistor de 6K8Ω. O capacitor e o resistor são conectados no pino 5 e 6 do TL494, respectivamente.

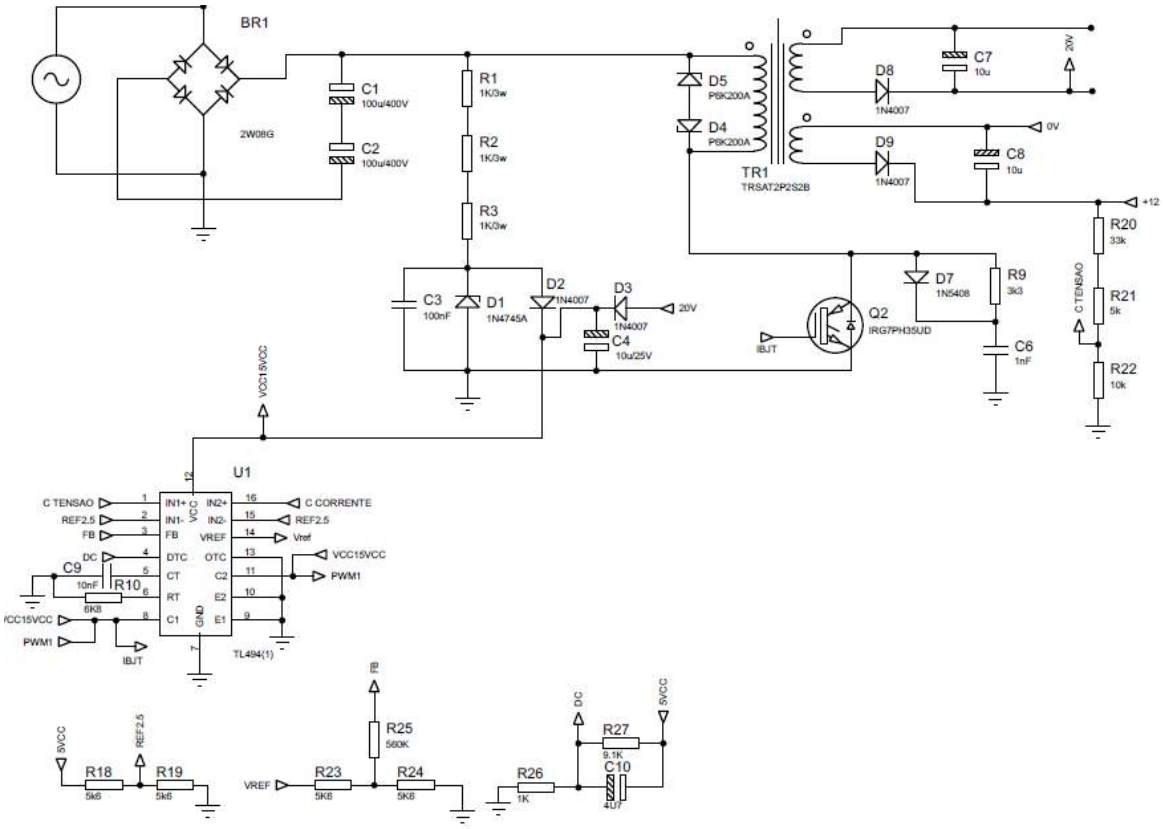


Fig. 5. Projeto completo

3. CONCLUSÃO

Ao final da realização do projeto, pode-se concluir que os resultados estão em concordância com os esperados nos cálculos teóricos. O circuito é de baixo custo e o controle de tensão é eficiente, evitando assim oscilações na tensão de saída. Além disso, tem-se um sistema com possibilidade de expansão de potência com a substituição de poucos componentes.

Durante os testes finais onde a fonte foi ajustada dentro da faixa de variação proposta no início deste projeto, sendo de 90 Vca até 240 Vca, a tensão de saída da fonte de 12 V não apresentou variação de tensão, concluindo que a mesma ficou com uma excelente estabilização devido à realimentação de tensão.

4. REFERÊNCIAS

Barbi. I., 2007. Projeto de fontes chaveadas.UFSC, Florianópolis ,2º edição.
Hart, D.,W., 2012, Eletônica de Potência: análise e projetos de circuitos., Mc Graw Hill, São Paulo.
Mohan, N., Undeland, T., M., e Robbins, W., P. Power Eletronics.,

5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE JUNÇÃO NA EMISSÃO DE FLUXO LUMINOSO EM DIODOS EMISSORES DE LUZ E PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DO ELEMENTO DISSIPADOR

Ezequiel Rosvadoski
Adilson Luís Stankiewicz
Roberta Neumeister
Arthur Bortolin Beskow
Camila Sampaio Dos Reis

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner. Erechim. RS
ezequielrosvadoski@hotmail.com, adilsonluis@uricer.edu.br, roberta_neumeister@yahoo.com.br, arthur@uricer.edu.br, camilasampaiodosreis@gmail.com.

Resumo. *Este artigo tem como objetivo mostrar a influência da temperatura de junção em diodos emissores de luz (LEDs). Nele aborda-se três áreas do conhecimento, elétrica, térmica e fotométrica. Para realizar a análise utilizou-se a abordagem sequencial de cálculos, simulações e a parte experimental. Por meio de softwares apropriados verificou-se os resultados calculados, sendo realizada a validação experimentalmente. Como otimização do elemento dissipador optou-se por trabalhar em duas frentes, alterando o tratamento de superfície do dissipador e utilizando diferentes materiais de interface térmica. A anodização teve impacto significativo nos resultados, enquanto que os materiais de interface térmica provocaram bastante variação dos resultados, devido a aplicação manual dos mesmos.*

Palavras chave: *Temperatura de junção, Fluxo luminoso, LEDs, Iluminação de alta potência.*

1. INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico do planeta nos últimos tempos acarretou na elevação do consumo de energia. Cerca de 20% de toda a energia consumida é destinada a iluminação. (LOURENÇO, 2010). Da mesma forma como o consumo de energia aumentava o desenvolvimento da tecnologia de iluminação de estado sólido se desenvolveu, dando origem ao LED na cor branca com a possibilidade de obtenção de uma grande quantidade de luz. Na medida em que se conseguia aumentar a quantidade de fluxo luminoso, a curva de eficiência começava a diminuir assim como, notava-se o efeito negativo do aumento da temperatura de junção.

As duas parcelas de energia radiativa (luz) e não radiativa (calor) começaram a ser a analisadas buscando aumentar a relação entre a luz gerada e o calor, o que denominou-se gerenciamento térmico. Dentre as principais vantagens do gerenciamento está a quantidade de fluxo luminoso que pode-se obter para uma mesma potência empregada. Para que se tenha um bom gerenciamento térmico e obter consequentemente uma excelente eficácia luminosa, faz-se necessário otimizar os elementos de dissipação térmica para que eles possam manter os LEDs em uma condição segura de trabalho e consiga-se uma grande quantidade de fluxo luminoso.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A eficácia luminosa de luminárias LED vem sendo pesquisadas frequentemente pelo custo benefício proporcionado por essa tecnologia. Gacio et al. (2013) analisou a influência da temperatura de junção em 4 LEDs de fabricantes diferentes, observando uma redução na quantidade de fluxo luminoso emitido a cada incremento de temperatura. Durante a operação dos LEDs a luz é gerada diretamente com a passagem de corrente elétrica pela junção *PN*. A Fig. 1 ilustra o processo de geração de luz no interior de um LED conhecido como eletroluminescência.

2.1 Características fotométricas

A luz pode ser quantizada por meio de algumas propriedades:

- Fluxo luminoso: corresponde a radiação total visível que a lâmpada consegue emitir.

- Intensidade luminosa: corresponde a potência de radiação em uma determinada radiação.
- Iluminância: corresponde a quantidade de fluxo luminoso que incide em uma determinada área.
- Luminância: corresponde a intensidade luminosa que atinge o olho humano direta ou indiretamente e é perceptível pelo olho humano.
- Temperatura de cor: corresponde a tonalidade de cor que uma lâmpada emite.

Os diodos emissores de luz até então tinham como característica a pequena geração de fluxo luminoso, a qual não provocava aquecimento suficiente a ponto de danificar sua estrutura. Conforme o nível de corrente direta foi aumentando, necessitou-se mudar a estrutura do LED inserindo um *PAD* exclusivamente térmico, para maximizar a taxa de transferência de calor da junção para o meio externo.

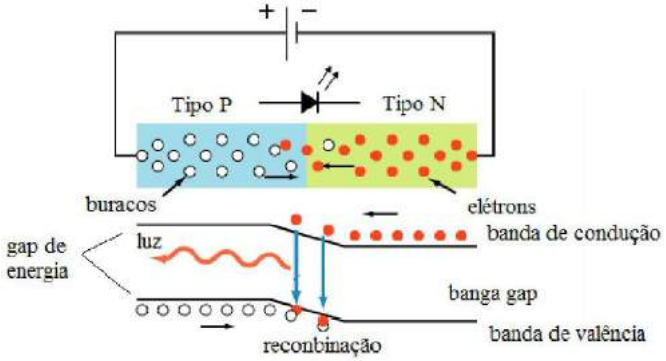


Figura 1. Processo de geração de luz no interior do LED.
Fonte: Sales (2011).

A maximização da transferência de calor ocorre com o uso de dissipadores de calor acoplados ao sistema, fazendo com que se consiga manter a temperatura de operação do LED abaixo dos 125 °C, conforme recomendação do fabricante. Para tanto, utiliza-se os modos de transferência de calor, para transferir a energia térmica para o ambiente externo tendo em conta a diferença de temperatura entre a junção e o meio.

2.2 Características térmicas

Os modos de transferência de calor são (INCROPERA et al. (2008):

- Condução: Ocorre a nível atômico e molecular partindo da partícula que possui mais energia para a partícula que possui menos energia. Aplicado a um módulo de LED, a condução atua desde a junção até as extremidades das aletas.
- Convecção: A energia térmica é transferida pela difusão e pelo movimento global do fluido por meio da camada limite térmica. No dissipador de calor esse processo é realizado pelas aletas, as quais potencializam a transferência de calor permitindo que em um pequeno espaço possa-se dissipar uma grande quantidade de calor.
- Radiação: Corresponde a parcela de energia emitida na forma de ondas eletromagnéticas. Caracterizada pela sua emissividade (ε), a qual é modificada pela anodização da superfície do dissipador.

2.3 Otimização do elemento dissipador

A otimização da transferência de calor pode ser obtida de várias formas. Nesse contexto analisou-se o impacto de duas técnicas. A primeira consiste na anodização da superfície do dissipador e a segunda na utilização matérias diferentes na interface térmica do dissipador com os semicondutores.

A anodização consiste na formação de uma camada de óxido de aluminio na qual deseja obter uma qualidade maior no acabamento da superfície. (REGONE, 2004). Como visto anteriormente a parcela de energia térmica transferida por ondas eletromagnéticas depende do tipo de superfície, sendo assim a anodização tem forte influência na parcela de energia transferida por radiação. Pomilio (2001), mostra a influência de vários tipos de anodização e seu impacto na emissidade e na absorvidade, a qual é oposta a emissividade. Na Tab. 1 pode-se ver a influência da anodização natural, a qual melhora a emisividade em cerca de 21 vezes comparando com o o aluminio natural. A absorvidade para essa aplicação não é desejada, visto que pretende-se eliminar o calor da junção do LED e não absorver mais calor da parte externa. Dessa forma a anodização natural é a que se sobressai devido a relação entre a absorvidade e a emissidade ficar mais próxima de zero.

Outro característica analisada é o material utilizado na interface térmica. Optou-se por analisar a influência da pasta térmica e do adesivo térmico. Ambos são utilizados no acoplamento de dissipadores de calor com componentes

eletronicos ou nesse caso, a placa de LED. As pastas térmicas tem baixa tensão superficial sendo composta principalmente de derivados de silicone, com materiais condutores de calor. Já o adesivo térmico desempenha a mesma função com a diferença de que ele tem uma espessura uniforme em toda a sua extensão.

Tabela 1. Influência da anodização na emissividade e absorvidade do material

Tipo de anodização	Absorvidade	Emissividade	Relação
Anodização Preto	0,86	0,86	1
Anodização Azul	0,67	0,87	0,77
Anodização Bronze	0,73	0,86	0,85
Anodização Verde	0,66	0,88	0,75
Anodização Vermelho	0,57	0,88	0,65
Anodização Amarelo	0,47	0,87	0,54
Anodização Natural	0,35	0,84	0,42
Sem Anodizar	0,26	0,04	6,50

Fonte: Adaptado de Pomilio 2010.

3. METODOLOGIA

Para o estudo utilizou-se o LED *Oslon Square*, modelo GWCSSR5M1.PCMFN5F7G-1 fabricado pela Osram Semiconductors, o qual suporta correntes de até 1500 mA e produz 300 lm para uma corrente típica de 700 mA. Fazendo uso do seu *datasheet* obteve-se todos os parâmetros necessários para o cálculo da potência elétrica, fluxo luminoso e temperatura de operação. (OSRAM, 2016).

Optou-se por utilizar 2 modelos de dissipadores. Os mesmos podem ser vistos nas Fig. 2 para o dissipador no Caso 1 e na Fig. 3 para o dissipador utilizado no Caso 2.

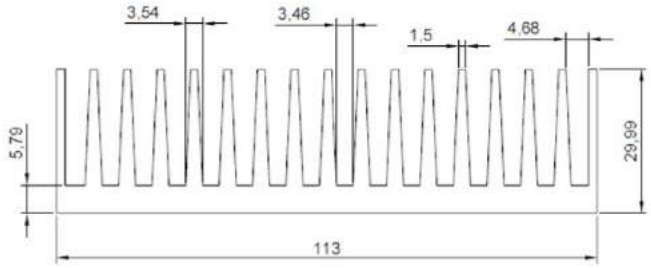


Figura 2. Dissipador utilizado no Caso 1.

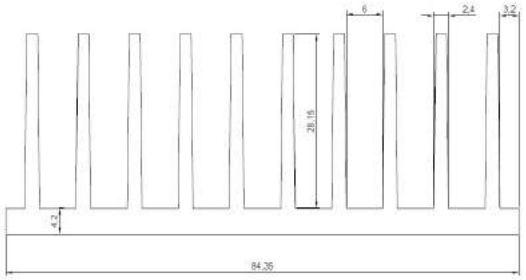


Figura 3. Dissipador utilizado no Caso 2.

Utilizou-se 12 LEDs para compor o módulo, ligados em série, o qual foi montado sobre uma placa de circuito impresso fabricada em Metal Core, devido a alta potência dissipada. Realizou-se simulações nos softwares Psim, Femm e Dialux através dos parâmetros obtidos matematicamente na análise do módulo. Para comprovar utilizou-se o método experimental, no qual observou-se o efeito da temperatura de junção na emissão de fluxo luminoso. Para isso montou-se o experimento de acordo com a Fig. 4. Os dados de temperatura de junção, temperatura na aleta e Iluminância foram coletadas com o auxílio de *datallogers.* Para coleta de iluminância utilizou-se um sensor LDR e para a coleta das temperaturas utilizou-se termopares tipo K.

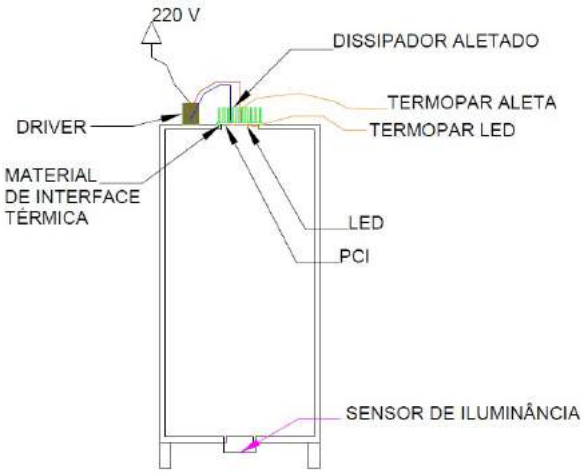


Figura 4. Esquema do experimento montado.

Analisou-se a influência dos dois modelos de dissipador, a influência da anodização natural e os dois materiais de interface térmica através de 8 experimentos. Cada experimento era composto de uma variável diferente, com o intuito de verificar qual característica possui maior impacto na emissão de fluxo luminoso.

- Caso 1A - Dissipador Natural com Pasta térmica.
- Caso 1B - Dissipador Natural com Adesivo térmico.
- Caso 1C - Dissipador Anodizado com Pasta térmica.
- Caso 1D - Dissipador Anodizado com Adesivo térmico.
- Caso 2A - Dissipador Natural com Pasta térmica.
- Caso 2B - Dissipador Natural com Adesivo térmico.
- Caso 2C - Dissipador Anodizado com Pasta térmica.
- Caso 2D - Dissipador Anodizado com Adesivo térmico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A resistência térmica máxima de 0,78518 K/W foi encontrada de acordo com Mohan (1995) para o dissipador de acordo com o circuito térmico construído. Utilizando Incropera (2008), encontrou-se a resistência térmica de 0,51725 K/W para o Caso 1 e 0,72294 K/W para o Caso 2. Ambas menores que o valor máximo permitido.

Fazendo uso do software *Femm* conseguiu-se observar a distribuição de temperaturas desde a base do dissipador até a extremidade das aletas. Pode-se observar na Fig. 5 a distribuição para o Caso 1 e na Fig. 6 para o Caso 2.

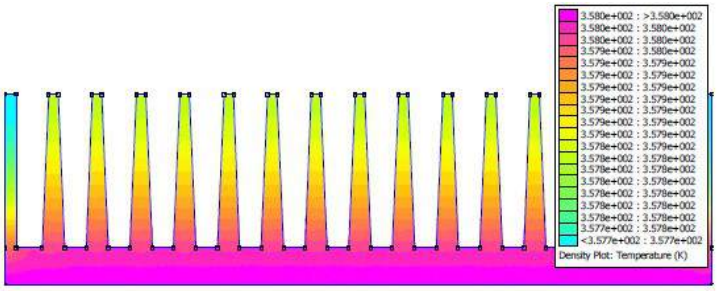


Figura 5. Distribuição de temperaturas obtidas no software *Femm* para o Caso 1.

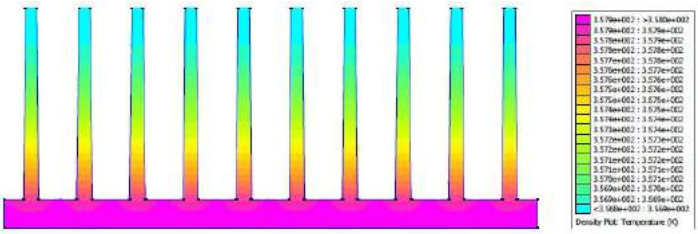


Figura 6. Distribuição de temperaturas obtidas no software *Femm* para o Caso 2.

O fluxo luminoso emitido foi calculado com base em Osram (2016), sendo que atingiu o valor de 5875,2 lm, com os 12 LEDs utilizados. Para esse cálculo adotou-se que o fator de correção devido a temperatura de operação era unitário não causando efeito na geração de luz. Realizando o experimento obteve-se como resultado para o Caso 1 as curvas expostas na Fig. 7 e para o Caso 2 expostas na Fig. 8.

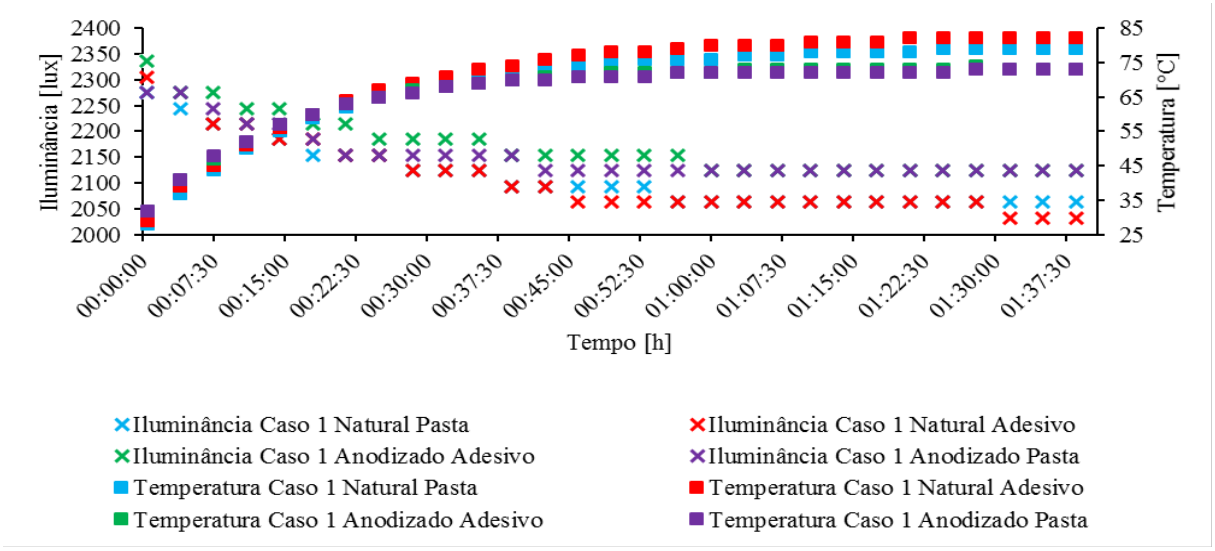


Figura 7. Resultados experimentais obtidos para o dissipador do Caso 1.

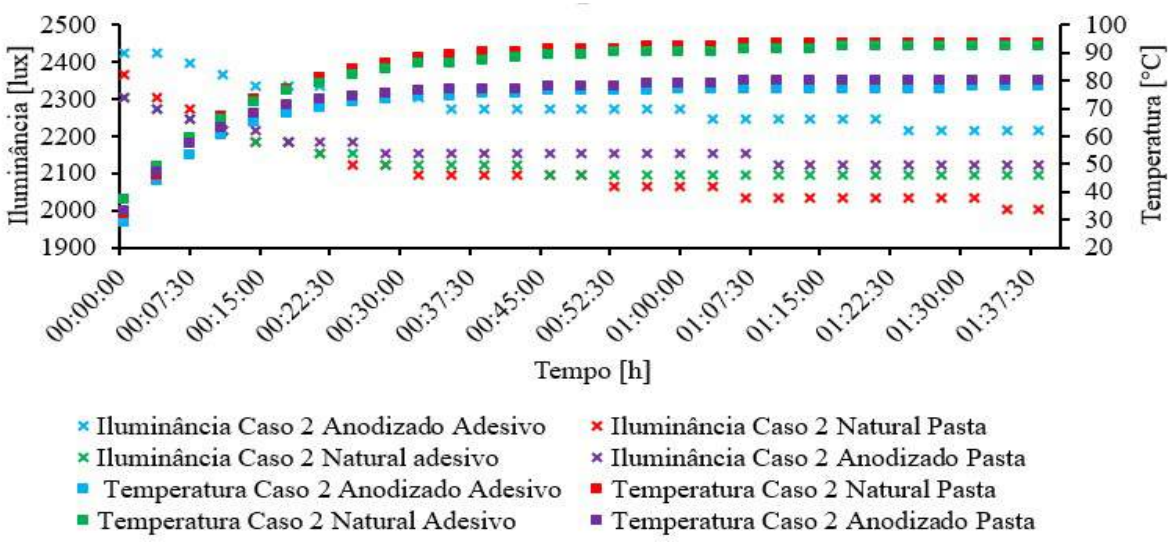


Figura 8. Resultados experimentais obtidos para o dissipador do Caso 2.

Observa-se que tanto no Caso 1 quanto no Caso 2 os módulos que obtiveram melhor desempenho foram os módulos anodizados. A influência dos materiais de interface térmica não foram tão relevantes visto que houve bastante variação entre os resultados. Conclui-se que a aplicação manual dos mesmos era ineficiente para obter bons resultados. Analisando as curvas pode-se observar o nítido efeito da temperatura na emissão de fluxo luminoso. Conforme ocorre o aumento na temperatura de junção, a quantidade de luz gerada decai reduzindo a eficácia das luminárias de LED. Com a anodização pode-se perceber que o dissipador utilizado no Caso 2 pode substituir o dissipador na forma natural utilizado no Caso 1 reduzindo volume, peso e consequentemente custos.

5. CONCLUSÃO

Por meio do estudo realizado pode-se observar a influência da temperatura de junção na emissão de fluxo luminoso em diodos emissores de luz. Realizando as simulações pode-se observar a distribuição de temperatura nos dissipadores

de calor, o que é resultado da resistência térmica associada. Com o experimento houve a validação da proposta a qual obteve como resultado principal a otimização do elemento dissipador a partir da anodização de sua superfície. Conseguiu-se reduzir cerca de 8 °C na temperatura de estabilização do módulo utilizando somente esse processo o que implica em redução de custos com a parte de dissipação térmica. O dissipador utilizado no Caso 2 após passar pela etapa de anodização obteve um desempenho melhor que o dissipador natural utilizado no Caso 1, o qual inicialmente possuía uma resistência térmica muito menor e volume superior.

Por fim conclui-se que deve-se realizar um bom gerenciamento térmico em diodos emissores de luz, o que impacta em redução de volume do dissipador, uma quantidade maior de fluxo luminoso produzido, alta eficácia luminosa e redução de custos.

6. REFERÊNCIAS

Cai, M. et al. 1986. A hybrid prediction method on luminous flux maintenance of high-power LED lamps, journal Applied Thermal Engineering. 2016. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.11.034>.

Incropera, F. et al. Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa. [S.l.: s.n.]. 2008.

Lourenço, D. R., 1986. *Sistemas de Iluminação Pública com Gestão Inteligente de Consumo*. Tese (Doutorado) Universidade de Aveiro, 2010.

Mohan, N.; Undeland, T.; Wilian, R. Power Eletronics. [S.l.: s.n.], 1995.

Osram, S. Osram Square Datasheet. 2.2. ed. [S.l.], 2016. Disponível em: <http://www.osram\-os.com/Graphics/XPic0/00158097_0.pdf>.

Pomilio, J. A. 11. Dimensionamento De Sistemas De Dissipação De Calor Para Dispositivos Semicondutores De Potência 11.1. In: ELETRÔNICA DE POTÊNCIA. [S.l.:s.n.], 2001. cap. 11, p. 1–16.

REGONE, N. N. Anodização de Ligas de Alumínio por Corrente Pulsada Anodização de Ligas de Alumínio por Corrente Pulsada. p. 163, 2004.

Sales, R. P. LED, o novo paradigma da iluminação púlica. Tese (Doutorado) — Instituto de Engenhariado Paraná - IEP, 2011.

7. RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE CONTROLE ESCALAR E CONTROLE DIRETO DE CONJUGADO DO MOTOR BRUSHLESS DC PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS

Fernanda Zambonin Boaretto
Thiago Lazzari
Cássio Luciano Baratieri
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI – Campus de Erechim
fe-zb1@hotmail.com, thiago.lazzari@hotmail.com, cassiobaratieri@uricer.edu.br

Resumo. *Este artigo tem como objetivo uma comparação entre dois métodos de controle do motor Brushless DC (BLDC). O controle escalar, que controla diretamente a velocidade e/ou a corrente, e o Controle Direto por Conjugado (Direct Torque Control - DTC), que por meio da estimativa de fluxo concatenado e do conjugado eletromagnético permite a realização do controle da máquina. Dessa forma, para o desenvolvimento do trabalho foram realizadas simulações computacionais no aplicativo PSIM, onde primeiramente desenvolveu-se o modelo matemático do motor. A partir desse modelo desenvolvido foram aplicadas as técnicas de controle escalar e DTC ao motor. Por fim, realizou-se uma comparação entre os resultados obtidos para verificação da aplicabilidade dessas técnicas aos VEs. De modo geral, o DTC apresentou um desempenho dinâmico e operacional superior em relação ao controle escalar, visto que no DTC não ocorrem comutações entre fases, o que propicia uma redução nas ondulações de conjugado de baixa frequência. Apesar disso, a frequência de comutação no DTC é variável podendo provocar um aumento significativo nas perdas por comutação.*

Palavras-Chave: *Motor Brushless DC, Controle escalar, Controle direto de conjugado.*

1. INTRODUÇÃO

Com o advento de novas tecnologias nas áreas de eletrônica de potência, processamento digital de sinais e armazenamento de energia, os Veículos Elétricos (VE) estão conquistando espaço no seguimento de transporte, principalmente nos países desenvolvidos. Além disso, levando em consideração o aumento da poluição (emissão de gases), os veículos a combustão interna, dependentes de combustíveis fosseis, estão perdendo a preferência no mercado de alta tecnologia, permitindo assim a inserção dos VES na sociedade moderna, tornando-se uma alternativa atraente (Kumar e Jain, 2014).

Além dos elementos básicos que constituem um veículo convencional, o VE consta também com o sistema de propulsão elétrica, que é constituído de componentes fundamentais para sua operação: motor elétrico, bateria, conversor estático e sistema de controle. Cada componente exibe particularidades intrínsecas, porém, é o sistema de controle que promove o gerenciamento coordenado de operação entre cada componente, visando o menor consumo de energia e o aumento de autonomia do veículo (Wirasingha e Emadi, 2011).

As técnicas de controle do motor BLDC devem ser escolhidas com base na aplicação do mesmo. Nesse sentido, opta-se pelo estudo do controle escalar e do DTC. Uma vez que o controle escalar controla diretamente a velocidade e a corrente elétrica do motor e é um método menos complexo em comparação ao DTC, que controla a máquina a partir da estimativa do fluxo concatenado e do torque eletromagnético.

Em vista do potencial de aplicabilidade das técnicas de controle mencionadas, este artigo tem como objetivo apresentar a comparação entre essas duas técnicas de controle que podem ser aplicadas aos motores BLDC em geral, e consequentemente, adaptadas à VEs.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento desse trabalho é norteado pelos seguintes procedimentos metodológicos: determinação do modelo dinâmico do motor BLDC, validação computacional do modelo e projeto de acionamento e controle do motor BLDC.

2.1 Modelo dinâmico do BLDC

A modelagem matemática do motor BLDC foi baseada em Krishnan (2010). Logo, adotou-se um motor de três fases equilibradas e defasadas em 120º elétricos. A equação dinâmica do motor BLDC pode ser expressa por:

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = \frac{d}{dt}\begin{bmatrix} L_a & M & M \\ M & L_b & M \\ M & M & L_c \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R_a & 0 & 0 \\ 0 & R_a & 0 \\ 0 & 0 & R_a \end{bmatrix}\begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} \tag{1}$$

onde v_a, v_b *e* v_c são as tensões nas fases a, b e c, i_a, i_b *e* i_c são as correntes das fases a, b e c, e_a, e_b *e* e_c são as forças contraeletromotrizes, L_a, L_b *e* L_c são as indutâncias próprias de cada fase, M é a indutância mutua entre as fases e R_a, R_b *e* R_c são as resistências de cada fase.

Uma vez que os enrolamentos do motor BLDC são simétricos, é possível definir $R_a = R_b = R_c = R$ e $L_a = L_b = L_c = L$, além disso as correntes estatóricas são balanceadas, ou seja, $i_a = i_b = i_c = 0$. Portanto, a Eq. (1) pode ser reescrita como:

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = \frac{d}{dt}\begin{bmatrix} L-M & 0 & 0 \\ 0 & L-M & 0 \\ 0 & 0 & L-M \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix}\begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} \tag{2}$$

O conjugado eletromagnético é determinado por:

$$T_{em} = \frac{1}{\omega_r}(e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c) \tag{3}$$

onde, T_{em} é o conjugado eletromagnético do motor e ω_m é a velocidade angular de rotação.

$$\frac{J d\omega_m}{dt} = T_{em} - T_c - B\omega_m \tag{4}$$

onde, J é a constante de inercia do motor BLDC, B é o coeficiente de atrito viscoso e T_c é o conjugado de carga da máquina.

2.2 Validação do modelo matemático

A partir das equações que regem o modelo matemático do motor BLDC, é possível realizar a sua validação computacional. Nesse sentido, utilizou-se o aplicativo PSIM para a validação, usando como referência o modelo disponibilizado pelo mesmo.

Inicialmente a máquina operou como um gerador para verificar se a tensão induzida é idêntica ao modelo disponibilizado. Após a verificação, aplicou-se uma tensão aos terminais da máquina, avaliando assim os parâmetros mecânicos. Sabe-se que o motor BLDC opera com tensões trapezoidais, sendo assim, foi utilizado um bloco de programação em C para poder sintetizar as formas de onda adequadas e aplica-las ao circuito elétrico de armadura.

2.3 Sistema de acionamento do motor BLDC

O motor BLDC possui a forma de onda trapezoidal, ou seja, para produzir um conjugado eletromagnético constante, as correntes de fase devem ser retangulares e sincronizadas com a posição do rotor. Para o acionamento do motor adotou-se um inversor trifásico operando no modo seis pulsos 120º. A Fig.1 ilustra o circuito elétrico utilizado para o acionamento.

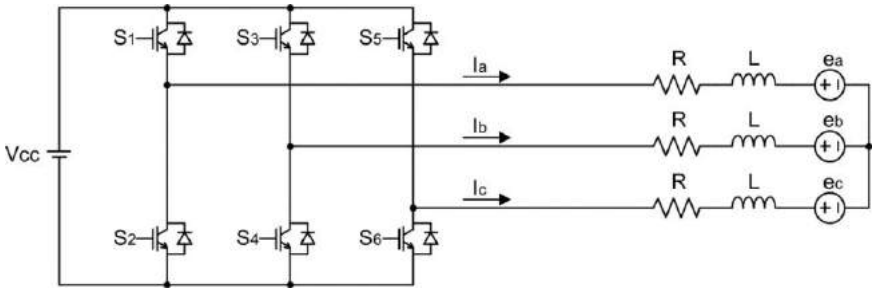


Figura 1. Circuito de acionamento do motor BLDC

Conforme representado na Fig. 2, um ciclo elétrico pode ser divido em seis setores de 60º elétricos. Para produzir um conjugado eletromagnético constante, cada fase mantem-se energizada por 120º elétricos. O acionamento das chaves do inversor trifásico depende da posição do rotor, que pode ser obtida a partir de sensores mecânicos ou pelas técnicas *sensorless* (sem sensores) (Tashakori e Ektesabi, 2012) (Acarnley e Watson, 2006). Dessa forma, é possível acionar as chaves IGBT's, que são acionadas independentemente.

Além disso, aplica-se a modulação PWM ao acionamento das chaves. A topologia empregada aciona com PWM as chaves superiores do inversor, a cada 120º elétricos enquanto as chaves inferiores são acionadas continuamente no seu período de acionamento.

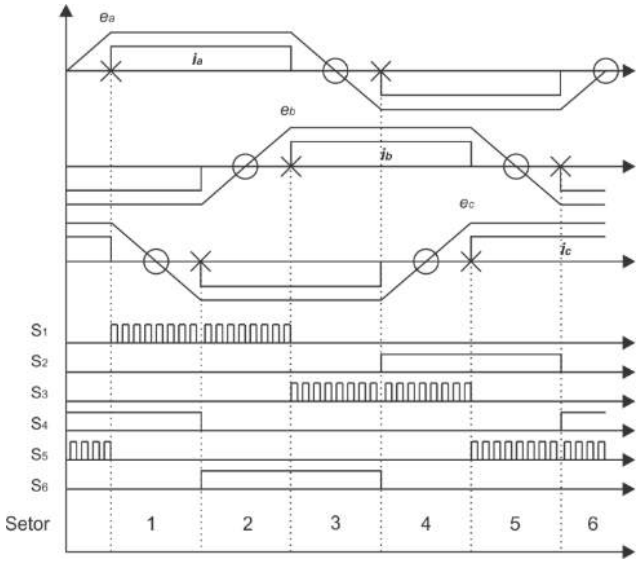


Figura 2. Formas de onda da operação em seis pulsos

2.4 Controle escalar

Para o controle escalar do motor BLDC utilizou-se o sistema multimalhas com uma malha interna controlando a corrente e uma malha externa controlando a velocidade. A configuração de tais malhas é obtida por meio das funções de transferência do sistema elétrico e do sistema mecânico. Ambas as malhas de controle de corrente e de tensão estão ilustradas na Fig. 3 e na Fig. 4 respectivamente.

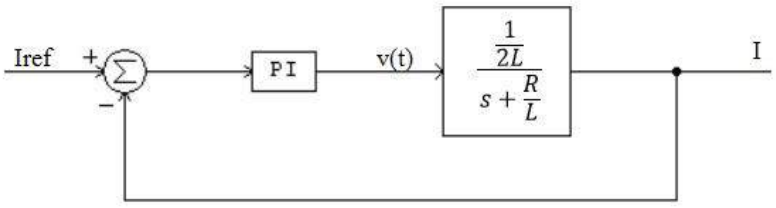


Figura 3. Malha de controle de corrente

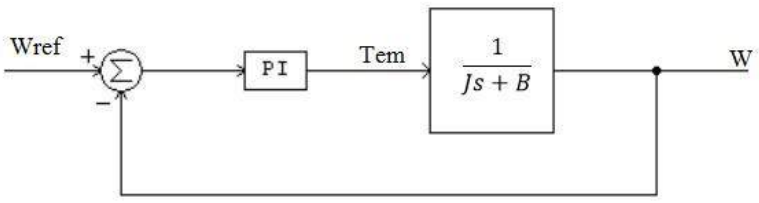


Figura 4. Malha de controle de velocidade

A partir das equações de transferência do sistema e do aplicativo MATLAB/SISOTOOL foi possível sintonizar os ganhos dos dois controladores Proporcionais-Integrais (PI). Para o projeto dos controladores, adotou-se o cancelamento do polo da planta elétrica e da planta mecânica (definição do zero) e o ajuste de frequência de corte (definição do ganho proporcional). Assim, definiu-se uma frequência de corte de 150 Hz no controlador de corrente e 10 Hz para o controlador de velocidade.

2.5 Controle direto por conjugado

Para a realização do DTC é necessária a estimativa do fluxo concatenado e do conjugado eletromagnético da máquina, cujo esquemático está ilustrado na Fig. 5. A partir das transformações das correntes e das tensões das fases a, b e c para α e β, por meio da transformada de Clark e Park (Krause et. al., 2013) é possível realizar as estimações de fluxo, conjugado e posição que partirão para uma lógica de acionamento do motor. Após as transformações e estimações, os valores estimados de fluxo concatenado e conjugado eletromagnético passam por um controlador de histerese com uma banda de -1 a 1.

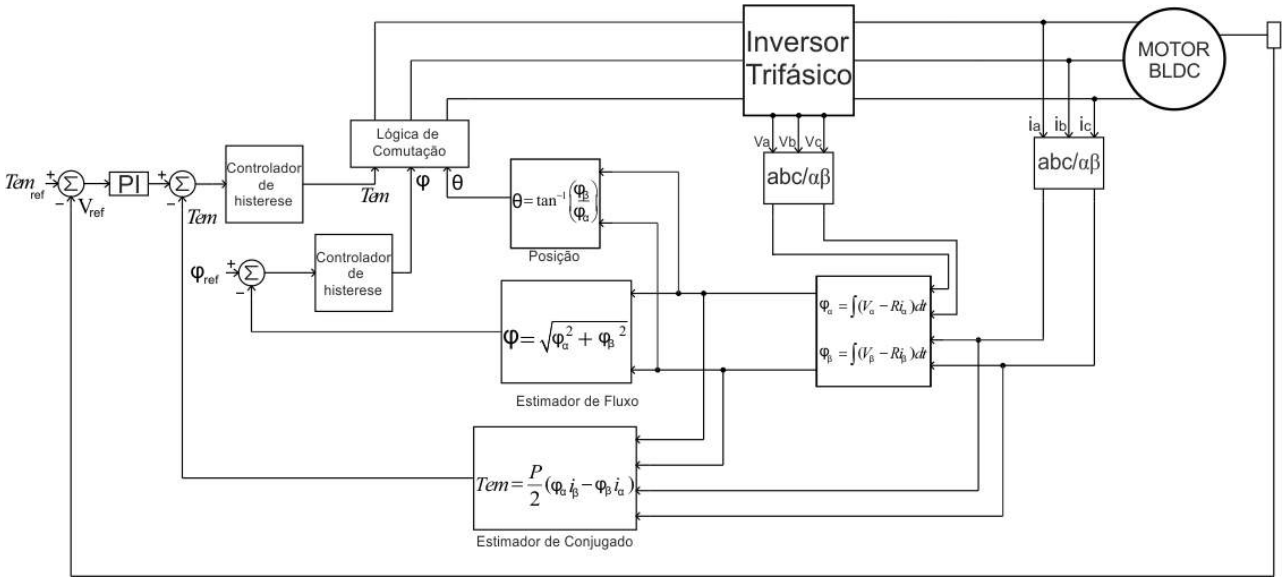


Figura 5. Malha de controle de velocidade

Para determinar o instante de comutação de cada setor, fez-se uma comparação entre os fluxos α e β, ou seja, ao fazer a arco-tangente de β por α, obteve-se a posição do rotor e a partir dela é possível determinar o momento de comutação de cada setor. A Tab. 1 foi baseada em Ozturk e Toliyat (2011) e apresenta as condições necessárias para o acionamento das chaves do inversor, conforme qual setor será comutado.

Tabela 1. Condições para acionamento do motor

φ	Tem	Setor					
		1	2	3	4	5	6
-1	1	(110)	(010)	(011)	(001)	(101)	(100)
	- 1	(101)	(100)	(110)	(010)	(011)	(001)
1	1	(010)	(011)	(001)	(101)	(100)	(110)
	- 1	(001)	(101)	(100)	(110)	(010)	(011)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os parâmetros utilizados nas simulações estão apresentados na Tab. 2. Inicialmente esses parâmetros foram aplicados ao modelo do motor para satisfazer a validação do mesmo. Posteriormente, o modelo do motor desenvolvido foi comparado com o motor ideal do *software.* A Fig. 6 apresenta as formas de onda das correntes de ambos os motores, observa-se que as correntes estão sobrepostas, apresentando um erro relativo de aproximadamente 0,006%, demonstrando assim que o modelo desenvolvido está condizente com a literatura podendo ser aplicado ao estudo de técnicas de controle.

Tabela 2. Parâmetros do motor BLDC

Parâmetro	Valor	Unidade	Descrição
P_n	2000	W	Potência Nominal
V_{cc}	420	V	Tensão do Barramento CC
$I_{máx}$	1,5	A	Corrente Máxima por Enrolamento
ω_m	5000	RPM	Velocidade Angular Máxima
$T_{máx}$	5	Nm	Conjugado Máximo
R	7,1	Ω	Resistência de fase
L	$30x10^{-3}$	H	Indutância de fase
ϕ	0,2	T	Fluxo Magnético
P	3	-	Par de Polos
J	$5,8x10^{-4}$	Kgm^2	Coeficiente de Inércia
B	0,002	Nms	Coeficiente de Atrito

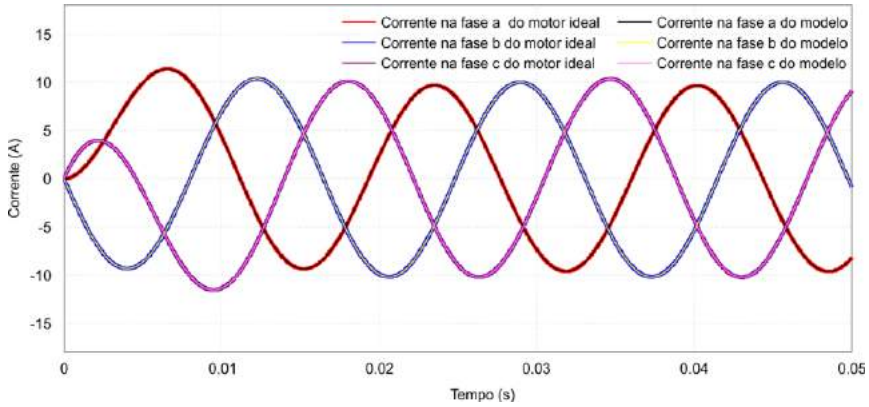


Figura 6. Formas de onda das correntes do motor BLDC

A partir da validação do modelo matemático do motor, as técnicas de acionamento e controle são aplicadas. A Fig. 7 apresenta os resultados de simulação do controle escalar e a Fig. 8 apresenta os resultados da simulação do DTC. Observa-se que existem diversas discrepância entre ambos os resultados, principalmente com relação as correntes do estator. Visto que no controle escalar o acionamento é realizado com uma modulação 120º e a comutação entre as fases acarreta em ondulações no torque eletromagnético, o que não é observado no DTC, onde as oscilações são provenientes dos controladores de histerese, dado seu aspecto não linear. Entretanto, em termos de aplicabilidade aos VEs, ambas as técnicas podem ser utilizadas para obter o mesmo desempenho operacional tanto elétrico quanto mecânico.

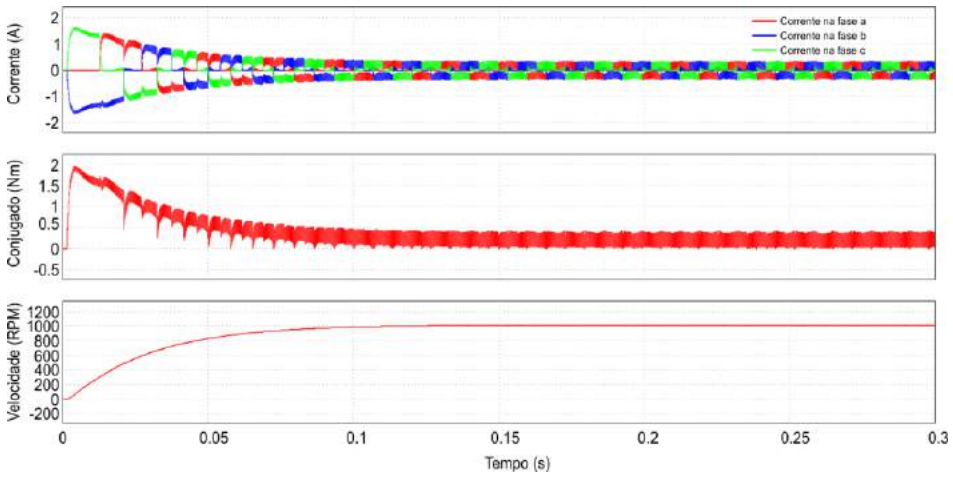


Figura 7. Formas de onda dos parâmetros do motor com controle escalar

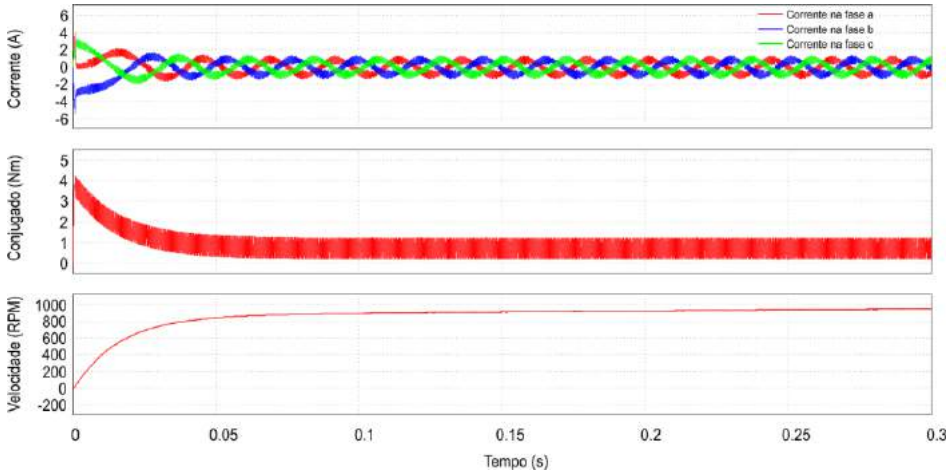


Figura 8. Formas de onda dos parâmetros do motor com DTC

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de motores que operem bem com o conjunto do veículo elétrico é um grande desafio, mas com as técnicas de controle corretas é possível implementar um veículo elétrico de alta eficiência, combinando todas as unidades de funcionamento. Nesse sentido, as técnicas de controle apresentadas nesse trabalho apresentaram um adequado funcionamento, o que indica a possibilidade de aplicação em VEs.

O desenvolvimento do modelo dinâmico do motor e sua validação por meio de simulação mostraram um resultado plenamente satisfatório, com um baixo erro absoluto. Além disso, com o desenvolvimento do sistema de controle em malha fechada e a técnica de acionamento foi possível comprovar a eficácia e a funcionalidade do motor BLDC para ambas as técnicas investigadas.

5. REFERÊNCIAS

Acarnley, P.P., Watson, J.F., 2006. "Review of position-sensorless operation of brushless permanent-magnet machines". In *Proceedings of IEEE Transactions on Industrial Electronics.*

Krause, P.C., Wasynczuk, O., Sudhoff, S.D., Pekarek, S., 2013. *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems.* John Wiley & Sons, New York, 3rd edition.

Krishnan, R., 2010. *Permanente Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives.* CRC Press, United States of America.

Kumar, L., Jain, S., 2014. "Electric propulsion system for electric vehicular technology: A review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*

Osturk, S.B., Toliyat, H.A., 2011. "Direct torque and indirect flux control of brushless dc motor". In *Proceedings of IEEE/ASME Transactions on Mechatronics.*

Tashakori, A. and Ektesabi, M. 2012 "Stability analysis of sensorless BLDC motor drive using digital PWM technique for electric vehicles." In *Proceedings of 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society - IECON 2011.*

Wirasingha, S.G., Emadi, A., 2011. "Classification and review of control strategies for plug-in hybrids electric vehicles". In *Proceedings of IEEE Transactions on Vehicular Technology.*

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

OTIMIZAÇÃO DE RENDIMENTO APLICADA A INVERSORES CONECTADOS EM PARALELO

Fernando Grassi
Maicon Luís Flach
URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Câmpus De Frederico Westphalen
grassi.eng@hotmail.com; flach.eng@hotmail.com

Fabrício Hoff Dupont
Unochapecó - Universidade Comunitária da Região de Chapecó
fhd@ieee.org

Resumo. *Este trabalho apresenta brevemente alguns dos principais pontos do sistema de otimização de rendimento para inversores conectados em paralelo. Um estudo geral das perdas de condução e de chaveamento foi apresentada, juntamente com as fórmulas para se obter as perdas totais nos dispositivos do módulo de potência escolhido para dar seguimento ao projeto do inversor, sendo ele o IPM STGIB15CH60TS-E, fabricado pela STMicroelectronics. Modulo este, o qual foi apresentado as principais características. O filtro LC foi calculado baseando-se em uma carga puramente resistiva na carga. O software Simulink/Matlab foi utilizado para validar a simulação do inversor monofásico com as especificações apresentadas. Foram projetados controladores ressonantes de corrente e tensão para compor a estratégia multiloop, com malha de controle interna de corrente e externa de tensão, sendo para este projeto a estratégia mais adequada, tendo em vista que o controle interno é necessário devido ao controle supervisor atuar nas referências de corrente. A partir das equações das perdas foram modelados hiperplanos de perdas, para comporem as LUTs, juntamente com a potência consumida e o fator de potência da carga, para assim servirem de base para o controle supervisor administrar as referências de corrente equivalentes a cada inversor.*

Palavras-chave: Afundamentos, Qualidade, Desequilíbrio.

1. INTRODUÇÃO

Configurações de conversores em paralelo permitem a utilização de um número mínimo de conversores para fornecer a energia demandada pela carga em uma tentativa de reduzir as perdas no processo de conversão. Nesse sentido, um sistema supervisório que habilite o compartilhamento adequado de potência entre os conversores surge como um problema a ser investigado. Esse gerenciamento de potência também deve permitir ao sistema atingir rendimento ótimo ao longo de toda a sua faixa de potência de trabalho. Contudo, apenas poucos trabalhos abordam a melhoria no rendimento global por meio de um sistema de compartilhamento de potência adequado.

Uma nova estratégia para otimizar o compartilhamento de potência é apresentada por Dupont (2014), o qual melhora significativamente o rendimento global de um arranjo de conversores paralelos. Todavia, esta estratégia foi investigada apenas para conversores de corrente contínua (CC-CC). Por esta razão, foi expandida essa proposta para conversores CC-CA (inversores) monofásicos. A metodologia desenvolvida leva em consideração variáveis importantes, que frequentemente são desprezadas, mas que afetam diretamente o rendimento de conversores, como a tensão de entrada, o fator de potência da carga e a potência processada. Cabe salientar que para sistemas já existentes, as estratégias de controle que objetivam-se desenvolver neste projeto habilitarão a operação de sistemas com rendimento ótimo apenas por meio da programação de novas estratégias de controle, sem haver a necessidade de modificações físicas nos conversores.

2. MODELAGEM DOS CONVERSORES

Um passo inicial para a modelagem de rendimento de inversores é a estimativa das perdas em condução e de comutação dos módulos a serem utilizados. De acordo com a STMicroelectronics (2017), para o módulo IPM STGIB15CH60TS-E, as perdas de condução são causadas pela queda de tensão direta no IGBT e diodo de roda livre durante corrente nominal. Elas podem ser calculadas usando uma aproximação linear das características dos

dispositivos, tanto para o IGBT e diodo, que possuem uma ligação em série da fonte de tensão DC que representa a tensão de limiar, V_{TO} para IGBT, (V_{FO} de diodo) e uma resistência entre coletor e emissor R_{CE}, e entre o anodo e catodo, R_{AK}. Ambas características são dependentes da temperatura, e precisam ser consideradas abaixo de uma temperatura limite de utilização do transistor. A análise de perdas dos em IGBTs apresentadas a seguir assume que um chaveamento PWM senoidal de alta frequência, saída senoidal e carga indutiva. Considerando essas condições, a corrente de saída do inversor é dada por

$$i = \hat{I}\cos(\theta - \phi) \tag{1}$$

sendo $\hat{I}$ é a corrente de pico, θ corresponde a wt e ϕ é o ângulo de fase entre tensão e corrente. Com isso as perdas de potência por condução no IGBT e no diodo em cada chave podem ser estimadas, respectivamente, por

$$P_{cond\_IGBT} = V_{TO}.\hat{I}\left(\frac{1}{2\pi} + \frac{m_a.\cos\phi}{8}\right) + R_{CE}.\hat{I}^2.\left(\frac{1}{8} + \frac{m_a.\cos\phi}{3\pi}\right) \tag{2}$$

$$P_{cond\_Diodo} = V_{FO}.\hat{I}\left(\frac{1}{2\pi} - \frac{m_a.\cos\phi}{8}\right) + R_{AK}.\hat{I}^2.\left(\frac{1}{8} - \frac{m_a.\cos\phi}{3\pi}\right) \tag{3}$$

sendo que, m_a consiste no índice de modulação de amplitude. Com isso as perdas totais por condução podem ser calculadas somando-se as perdas no IGBTs e nos Diodos (STMicroelectronics, 2017).

Ainda de acordo com a STMicroelectronics (2017), as perdas por comutação podem ser calculadas pela integral de tempo do produto da corrente do coletor e da tensão do coletor-emissor no período de chaveamento. Sendo assim, essas perdas dependem da frequência de chaveamento f_{sw} e são calculadas por

$$P_{sw} = \frac{1}{2\pi}\int_{-\frac{\pi}{2}+\phi}^{\frac{\pi}{2}+\phi}(E_{IGBT} + E_{Diodo}).f_{sw}\,d\theta = \frac{(E_{IGBT} + E_{Diodo}).f_{sw}}{\pi} \tag{4}$$

sendo E_{IGBT} e E_{Diodo} as energias totais de chaveamento para o IGBT e o diodo de roda livre, respectivamente.

Com base em nas equações (2)-(4), foram levantadas as estimativas de perdas do módulo IPM STGIB15CH60TS-E, com seus respectivos valores estimados por meio de uma interpolação linear para a temperatura de 100 °C, frequência de comutação de 19980 kHz, V_{TO} = 1.2V, V_{FO} = 0.9V, R_{CE} = 0.02167Ω e R_{AK} = 0.02Ω. Foram estimadas as perdas para os critérios de faixa de 0 a 1 para modulação de amplitude, ângulo do fator de potência variando de 0° a 90°, com correntes variando de 0,25 a 5 A de pico. Observou-se que as perdas possuem característica linear quando observadas em função do fator de potência da carga, tornando-se, assim, uma representação interessante para modelagem da superfície de rendimento por sua simplicidade. Além disso, a medição do fator de potência também é mais simples se comparado à medição do ângulo, uma vez que não requer o uso de funções trigonométricas. Conclui-se novamente que a utilização do fator de potência é a estratégia mais interessante para implementação prática.

2.1 Parâmetros de projeto

O projeto do filtro de saída é realizado admitindo-se carga de 500 W puramente resistiva. A metodologia de projeto do filtro LC foi realizada de acordo com Martins e Barbi (2008). Os parâmetros de projeto são demonstrados na Tab. 1, considerado-se uma frequência de corte para o filtro dez vezes menor que a frequência de comutação, sendo então 2 kHz (20 kHz de frequência de comutação) e um fator de amortecimento ζ = 1,0.

Tabela 1 - Parâmetros da carga do inversor

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
Potência de saída	500 W	Resistência da carga	96,8 Ω
Tensão de pico	311 V	Capacitor do filtro LC	490 ηF
Frequência de saída	60 Hz	Indutor do filtro LC	13,5 mH
Tensão do barramento CC	400 V		

2.2 Estratégia de controle

Por se tratar de um conversor CC-CA, o controle do inversor foi realizado considerando-se dois controladores ressonantes (PR), um de corrente para a malha interna e um de tensão para malha externa, como demonstra o diagrama da Fig. 1.

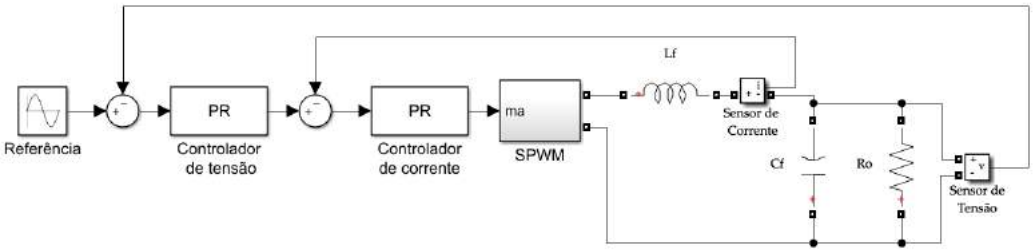


Figura 1 - Diagrama de blocos do inversor monofásico

Foram simulados três inversores de 500 W conectados em paralelo. O controlador de corrente (utilizado o mesmo para cada um dos três inversores, por se tratar de potências iguais) então foi projetado com o auxílio da ferramenta *sisotool* para uma frequência de corte de um sexto da frequência de chaveamento e margem de fase de 60°, de acordo com Buso e Mattavelli (2006), sendo o diagrama de Bode em malha aberta da malha de corrente pode ser visualizado na Fig. 2 (a), o qual demonstra o alto ganho na frequência de 60 Hz, frequência de corte de 3300 Hz e margem de fase de 60°.

Para o controle da malha externa de tensão é necessário apenas um controlador, considerando que os três inversores estarão simultaneamente injetando corrente na carga, a tensão da saída deve ser igual para os três. Como se trata de três inversores em paralelo, foi considerado o valor da capacitância equivalente do filtro LC para os três conversores, o que resulta em 1,2 µF. O controlador de tensão então foi projetado novamente com o auxílio da ferramenta *sisotool* para uma frequência de corte de no máximo vinte vezes a frequência fundamental e margem de fase de 60°, de acordo com Buso e Mattavelli (2006), sendo o diagrama de bode da malha de tensão pode ser visualizado na Fig. 2 (b), o qual demonstra o alto ganho na frequência de 60 Hz, frequência de corte de 1200 Hz e margem de fase de 60°. É essencial que a malha de tensão seja consideravelmente mais lenta que a malha de corrente, desse modo passa a haver um desacoplamento entre elas.

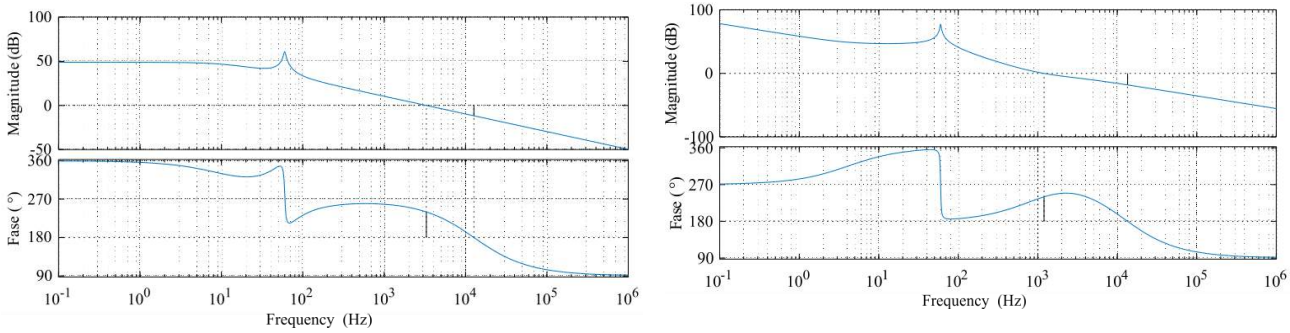


Figura 2 - Diagrama de Bode em malha aberta da malha de (a) tensão e (b) malha aberta de corrente.

Para aplicações em processadores digitais de sinais (DSPs, *Digital Signal Processors*), é preciso que a função de transferência do controlador esteja em modo discreto, portanto, foi estipulado o modo de discretização *Tustin* com uma frequência de amostragem de duas vezes a frequência de comutação, sendo definido o controlador de corrente por

$$Ci\_d = \frac{0,70318(z^2 - 1,989z + 0,9894)}{(z^2 - 1,999z + 0,9995)} \quad (5)$$

e o controlador de tensão sendo definido por

$$Cv\_z = \frac{0,059622(z-0,9994)(z-0,8704)(z-0,7788)}{(z+1)(z^2-2z+0,9997)} \quad (6)$$

2.3 Otimização do Rendimento

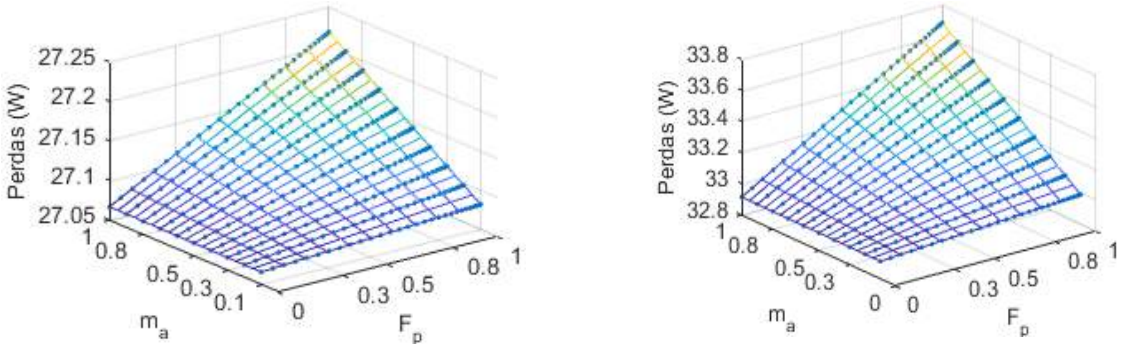
Em Dupont (2013) é destacado que o primeiro passo para a aplicação da metodologia de rendimento é a modelagem do hiperplano de perdas ou rendimento. Após extensas validações definiu-se o polinômio (7) como modelo do hiperplano de perdas para os inversores deste trabalho,

$$p(m_a, F_p, i_{pk}) = \alpha_1 i_{pk} + \alpha_2 i_{pk}^2 + \alpha_3 i_{pk} m_a F_p + \alpha_4 i_{pk}^2 m_a F_p + \alpha_5 \quad (7)$$

sendo α_1 , α_2 , α_3, α_4 e α_5 coeficientes obtidos por meio de métodos de ajuste de superfície para as amostras de perdas calculadas, os coeficientes obtidos são apresentados pela Tabela 2. A modelagem definida em (7) permite obter o valor estimado das perdas para o ponto de operação definido por ma, F_p e i_{pk}. A Figura 3 ilustra um comparativo entre as amostras e o hiperplano modelado para correntes de pico de 1 A e 5 A, respectivamente.

Tabela 2 - Coeficientes de ajuste da curva de perdas

Coeficiente	Valor
α_1	1,3369
α_2	0,0208
α_3	0,1500
α_4	0,007
α_5	25,7090



(a) (b)

Figura 3 - Mapeamento dos pontos de operação do sistema para (a) corrente de pico de 1 A e (b) de 5 A.

A partir da modelagem das perdas empregou-se a metodologia de otimização de rendimento apresentada por Dupont et al. (2013), agora para inversores monofásicos sujeitos a variação no índice de modulação, no fator de potência e na corrente de pico, a qual define indiretamente a potência processada. Contudo, neste projeto, a função objetivo necessitou ser modificada, passando-se a ser definida por

$$F_{obj}(i_{pk,1}, i_{pk,2}, i_{pk,3}) = \min_{i_{pk}} \left(\sum_{m=1}^{n_c} p_m(ma,\ FP,\ i_{pk,m}) \right) \quad (8)$$

sendo P_m as perdas do conversor m quando na aplicação de uma corrente $i_{pk,m}$, em um ponto de operação definido por ma e FP. A solução de (8) permite determinar a distribuição ótima de corrente entre os conversores de maneira a minimizar as perdas globais do arranjo para todos os possíveis pontos de operação. Tal como discutido em Dupont (2013), o problema da otimização é não linear e pode apresentar múltiplos mínimos globais. Além disso, o espaço de solução é restrito, sendo que a soma da potência processada por cada conversor deve ser igual a potência de saída, enquanto a potência processada por cada conversor deve ser menor que a sua potência máxima. A aplicação da metodologia de otimização de rendimento resulta nas ponderações que serão aplicadas à referência de corrente global, a

partir da qual serão derivadas as correntes individuais de cada conversor de tal forma que as perdas do arranjo de inversores sejam mínimas, ou seja, que o rendimento global seja maximizado.

O resultado obtido a partir da aplicação da metodologia de otimização acabou resultando em uma distribuição de potência igual entre os conversores. Assim, cada conversor processa um terço da potência total consumida pela carga. Contudo, deve-se destacar que essa simples distribuição de potência não deve ser assumida como generalizada para todos os conversores ou sistemas, tratando-se de um caso particular para o sistema simulado. Em Dupont (2014) é demonstrado que diferentes topologias e características tecnológicas podem resultar em distribuições de potência significativamente mais complexas.

O controlador de tensão C_v fornece a referência de corrente (i_{ref}) que será aplicada em *look-up tables* (LUT) que armazenam as superfícies de ponderação que resultam no rendimento ótimo do sistema. Essas ponderações aplicadas na corrente de referência global resultam nas correntes de referência individuais para cada inversor (i_{ref1}, i_{ref2} e i_{ref3})

A estratégia de minimização de perdas é implementada por meio de um supervisor de compartilhamento, similar ao proposto em Dupont (2014), que tem a função de ponderar a referência de corrente global e gerar referências de corrente individuais $i_{ref},1$, $i_{ref},2$ e $i_{ref},3$ de forma que cada conversor processe a quantidade ótima de energia, fazendo com que o rendimento total do sistema seja maximizado. Sob o ponto de vista dinâmico, o bloco de controle supervisor comporta-se apenas como um ganho, escalonando a corrente de referência para cada conversor segundo um critério ótimo. As referências de corrente ponderadas pelo controle supervisor são enviadas por fim aos laços internos que, por meio dos controladores $C_{i,1}(z)$, $C_{i,2}(z)$ e $C_{i,3}(z)$, têm por objetivo a regulação do índice de modulação de cada inversor. O diagrama de blocos completo da estratégia de controle é ilustrado pela Fig. 4.

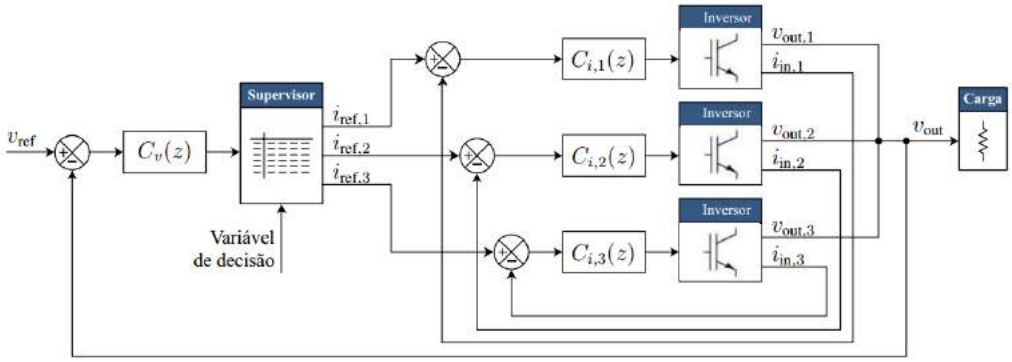


Figura 4 - Blocos simplificados da estratégia de otimização de rendimento aplicada a inversores monofásicos.
Fonte: Editado pelo autor com base em Dupont (2014).

A validação da estratégia de otimização proposta neste projeto foi realizada por meio de simulações empregando a biblioteca *SimpowerSystems* do *Simulink*, sendo os resultados obtidos para a simulação são demonstrados na Fig. 5. Inicialmente o sistema apresenta-se sem carga, em 0,104s uma carga resistiva de 500W (fator de potência unitário) é chaveada. Em 0,204s outra carga, agora de 500VA com fator de potência 0,67 (ângulo de 45°) é adicionada, e em 0,304s uma outra carga de igual potência é mais uma vez adicionada, levando o sistema a operar em sua potência nominal, como demonstra a Fig. 5 (a). Por fim, em 0,404s a tensão do barramento CC foi reduzida de 400V para 350V, demonstrado na Fig. 5 (b), simultâneo com uma variação na referência da tensão senoidal de 311V para 290V. A estimativa do fator de potência é apresentada pela Fig. 5 (c), condizendo com os valores teóricos esperados para a sequência de carga descrita anteriormente. A Figura 5 (d), apresenta os índices de ponderação aplicados à referência de corrente global, assim como pode ser observado na Fig. 5 (e) as correntes individuais dos inversores e corrente na carga. Pode-se observar que no caso avaliado, a distribuição ótima de potência entre os conversores é equilibrada, resultando em um terço da corrente de referência para cada conversor.

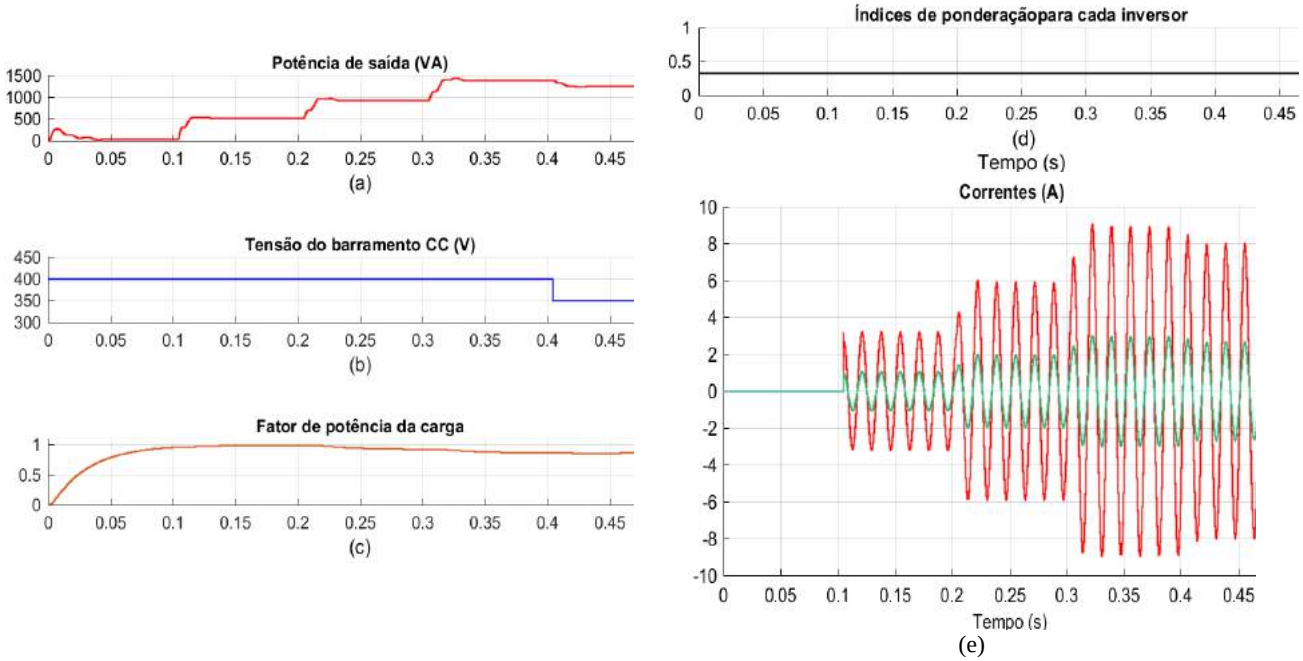


Figura 5 – Variáveis de decisão (a) potência de saída (a); tensão do barramento CC; (c) fator de potência da carga.

3. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como enfoque um estudo acerca de uma estratégia de otimização de rendimento para inversores conectados em paralelo, expandindo os conceitos já aplicados para o caso de conversores CC-CC, levando em consideração variáveis importantes que afetam diretamente o rendimento de conversores, como a tensão de entrada, o fator de potência da carga e a potência processada. A estimativa das perdas foi adquirida para um módulo específico para servir como exemplo, mas ressalta-se que a estratégia pode abranger outros modelos, bastando conhecer as características fornecidas pelos fabricantes. A partir da modelagem das perdas, modelou-se hiperplanos de rendimento, estes com a função de mapear os vários pontos de operação dos inversores de modo a sempre encontrar o melhor ponto de rendimento. Foram definidos os polinômios responsáveis por determinar as melhores distribuições de potência para cada conversor, levando em conta as variáveis de decisão previamente impostas.

O funcionamento do sistema baseou-se em três inversores conectados em paralelo, com controladores ressonantes para cada malha de corrente e tensão. Um bloco supervisor foi aplicado com o objetivo de fornecer os ganhos referentes a cada conversor, de acordo com as LTUs construídas pelas resoluções dos polinômios para cada ponto de operação. Para este trabalho verificou-se que a distribuição linear (um terço para cada inversor) foi a estratégia responsável pelo melhor rendimento do conjunto, mas cabendo ressaltar que não se aplica a todos os arranjos, pois cada sistema é diferente e precisa ser estudado de forma individual.

4. REFERÊNCIAS

Buso, S. and Mattavelli, P., 2006. *Digital control in power electronics*. San Rafael: Morgan & Claypool.

Dupont, F. H., Zaragoza, J., Rech, C. and J. R. Pinheiro, 2013. “A new method to improve the total efficiency of parallel converters,” In *Brazilian Power Electronics Conference*, Gramado, pp. 210-215.

Dupont, F. H., 2014. *Estudo, análise e implementação de uma metodologia para otimização de rendimento em sistemas compostos por conversores em paralelo*. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, RS.

Martins, D. C. and Barbi, I., 2008. *Eletrônica de potência: introdução ao estudo dos conversores CC-CA*. Florianópolis.

Microelectronics, S. T., 2017. “SLLIMM™ 2nd series small low-loss intelligent molded module.” Application Note AN4768.

5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ENSAIO LABORATORIAL PARA OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS DE UM MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO

Fernando Grassi
Maicon Luís Flach
URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Câmpus De Frederico Westphalen
grassi.eng@hotmail.com; flach.eng@hotmail.com

Resumo. *Máquinas de indução são assim chamadas pelo fato de haver uma tensão que induz corrente CA no rotor, podem ser utilizadas como motores e geradores, mas como geradores apresentam desvantagens e, portanto, estão em desuso atualmente. Motores monofásicos são projetados para casos específicos onde o fornecimento de energia não disponibiliza o sistema trifásico, portanto é uma alternativa interessante para casos isolados, normalmente em zonas rurais. A proposta aqui imposta buscou analisar o comportamento de um motor de indução monofásico sujeito a várias situações em um procedimento de ensaio laboratorial. Ensaios têm o objetivo de determinar os valores aproximados dos circuitos equivalentes de cada máquina em específico, analisando-se seus resultados de tensão, corrente, escorregamento e velocidade de rotação. Foram realizados os procedimentos de ensaio sugeridos pela bibliografia estudada, disponibilizando os dados encontrados na forma de tabela e em gráficos para um melhor entendimento. A partir dos resultados obtidos, fica claro o quanto um ensaio laboratorial auxilia na determinação das características e no entendimento do funcionamento de uma máquina de indução.*

Palavras-chave: *Motor de indução, Parâmetros, Ensaio, Escorregamento.*

1. INTRODUÇÃO

Máquinas de indução são assim denominadas pelo fato da tensão (que produz a corrente do rotor e o campo e magnético do rotor) ser induzida nos enrolamentos do rotor em vez de ser fornecida por meio de uma conexão física de fios. O que diferencia um motor de indução dos demais é, principalmente, a característica de não haver a necessidade de existir uma corrente de campo CC para fazer a máquina funcionar. As máquinas de indução podem ser usadas tanto como geradores quanto motores, mas por possuir várias desvantagens como gerador (sendo usada apenas para aplicações especiais), ao se usar o termo máquina de indução, a referência usualmente se projeta a motores de indução (Chapman, 2013).

Rotores de gaiola de esquilo consistem em uma série de barras condutoras que são encaixadas dentro de ranhuras na superfície do rotor e são colocadas em curto-circuito em ambas as extremidades por grandes anéis de curto-circuito.

Na sua forma mais simples, o motor monofásico consiste em um enrolamento de estator distribuído (igualmente a uma fase de um motor trifásico) e um rotor de gaiola. Ao aplicar-se uma tensão CA no enrolamento do estator, este cria uma distribuição de campo. Como há apenas uma bobina pela qual circula corrente alternada, o fluxo no entreferro é fixo no espaço e de módulo variável. Desprezando a histerese, o fluxo atinge seu valor máximo instantaneamente quando a corrente atinge seu valor máximo e a mesma abordagem ocorre para a corrente zero, levando o fluxo também a zero, isso caracteriza que o motor monofásico não tenha torque de partida (Del Toro, 2014).

Chapman (2013) descreve o circuito equivalente, demonstrado na Fig. 1, para motores de indução (sendo R_1 a resistência do estator, R_2 a resistência do rotor, jX_1 a reatância de dispersão do estator, jX_2 a reatância de dispersão do rotor, R_c a resistência do núcleo e jX_M a reatância de magnetização), baseando-se na ideia de que as tensões e correntes no circuito do rotor são basicamente o resultado de uma ação de transformador. O motor de indução é chamado de máquina de excitação simples, porque a potência é fornecida somente ao circuito de estator do motor. Além disso, como um motor de indução não possui um circuito de campo independente, seu modelo não possui uma fonte de tensão interna, como presente em máquinas síncronas.

Os motivos que levam a realização de ensaios com motores de indução é a verificação do desempenho, determinação do torque ou do rendimento da máquina e avaliação de suas características. Normalmente os testes a vazio, com rotor travado, permitem que o motor possa ser analisado.

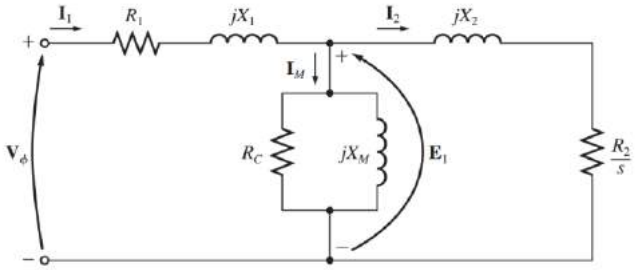


Figura 1 - Circuito equivalente por fase de um motor de indução.
Fonte: Chapman (2013, pg. 321)

2. ENSAIO DE UM MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO

Para o ensaio proposto neste artigo, objetivou-se constatar os métodos disponíveis em Chapman (2013), para a obtenção de parâmetros em motores de indução monofásicos. Dentre os parâmetros a serem identificados, buscou-se determinar o escorregamento e o conjugado da máquina de indução, identificando de forma prática as variações paramétricas do motor estudado. Os resultados são mostrados na forma de gráficos, ficando mais visual o entendimento através das curvas plotadas nos ensaios a vazio e de curto-circuito (rotor bloqueado).

Lamb (2015) afirma que o rotor do motor de indução pode ser do tipo bobinado ou gaiola de esquilo. A maioria das aplicações comerciais e industriais emprega um motor de indução trifásico gaiola de esquilo. O rotor é construído usando um determinado número de barras individuais curto-circuitadas nas extremidades por anéis e dispostas em uma configuração de roda de *hamster* ou gaiola de esquilo.

O motor utilizado para a realização do estudo foi um motor de indução monofásico do tipo gaiola de esquilo de 0,25 HP, quatro polos, fornecido pela empresa NOVA, o qual possui sua placa de identificação representada pela Fig. 2. Um tacômetro foi utilizado para realizar a medição da frequência de rotação do rotor, assim como um multímetro responsável por fornecer os valores de tensão e corrente em cada etapa dos testes. A tensão foi fornecida por uma fonte de tensão CA trifásica ajustável (utilizou-se uma das fases, visto que se trata de um motor monofásico) e um freio de Foucault (freio de histerese), foi utilizado para fornecer torque ajustável, permitindo uma avaliação do comportamento da máquina de indução a diferentes valores de torque.

Figura 2 - Placa de identificação do motor testado.

2.1 Metodologia seguida

Inicialmente, a partir da placa de identificação do motor monofásico, foi identificado a velocidade nominal, juntamente com o escorregamento do motor. Em seguida determinou-se a tensão de entrada e a corrente no momento e que o motor atinge a velocidade nominal, para isso o freio de Foucault acoplado ao rotor foi mantido sem fornecer torque (torque zero). Ao ser atingida a tensão para a velocidade nominal, variou-se o freio de Foucault de modo a fornecer um torque alto o suficiente para a rotação do rotor parar.

Em virtude de avaliar os parâmetros da máquina, foi fornecida ao motor sua tensão nominal. Já com tensão nominal na alimentação do motor, foram medidos os parâmetros de corrente, potência e velocidade para condição a vazio (ensaio a vazio, torque zero). Em seguida foi se elevando a tensão de saída do freio de Foucault em faixas de 5%, até o motor síncrono atingir sua corrente nominal, de modo a analisar o comportamento do motor ao longo da variação de torque, de modo a fornecer os dados necessários para as plotagens das curvas de conjugado (torque) versus velocidade, corrente versus velocidade, conjugado versus corrente, escorregamento versus conjugado e potência versus conjugado. Um último parâmetro da máquina síncrona analisada foi o de ensaio de curto-circuito, também chamado de ensaio de

rotor bloqueado. Para fins de obter o travamento do rotor utilizou-se do valor máximo do freio de Foucault, o que forneceu uma resistência a rotação suficiente para manter o rotor bloqueado.

Para a determinação dos parâmetros do circuito equivalente da Fig. 1, foi seguido as recomendações da Norma 112 da IEEE e as atribuições realizadas por Chapman (2013), sendo que, do ensaio CC obtêm-se o valor de R_1, de acordo com

$$R_1 = \frac{V_{CC}}{2 \cdot I_{CC}} \tag{1}$$

Do ensaio a vazio obtêm-se o valor da impedância total do motor, por meio de

$$|Z_{vz}| = \frac{V_{vz}}{\sqrt{3} \cdot I_{vz}} = X_1 + X_M \tag{2}$$

em que V_{vz} e I_{vz} se referem, respectivamente à tensão e à corrente com o motor a vazio.

A impedância de rotor bloqueado é dada por

$$|Z_{RB}| = \frac{V_T}{\sqrt{3} \cdot I_A} \tag{3}$$

O ângulo da impedância é determinado por

$$\theta = a\cos\frac{P_{entrada}}{\sqrt{3} \cdot V_T \cdot I_A} \tag{4}$$

A resistência R_2 pode ser determinada por

$$R_2 = |Z_{RB}| \cdot \cos\theta - R_1 \tag{5}$$

A reatância total é determinada por

$$X_{RB} = |Z_{RB}| \cdot sen\,\theta \tag{6}$$

As reatâncias são uma tarefa muito difícil de serem encontradas em condições de ensaio, portanto faz-se o uso da Tab. 1 para determinar seus valores aproximados com base na classe de cada motor, sendo que o motor utilizado neste trabalho possui classe B.

Tabela 1 - Regras práticas para dividir a reatância do circuito entre rotor e estator.

	X_1 e X_2 em função de X_{RB}	
Tipo de rotor	X_1	X_2
Rotor bobinado	0,5 X_{RB}	0,5 X_{RB}
Classe A	0,5 X_{RB}	0,5 X_{RB}
Classe B	0,4 X_{RB}	0,6 X_{RB}
Classe C	0,3 X_{RB}	0,7 X_{RB}
Classe D	0,5 X_{RB}	0,5 X_{RB}

Fonte: Chapman (2013, pg. 385).

Por último, a determinação da reatância de magnetização X_M pode ser feita por

$$X_M = |Z_{vz}| - X_1 \tag{7}$$

2.2 Resultados dos ensaios

Vários parâmetros de um motor podem ser obtidos simplesmente ao se analisar sua placa de identificação, como a do motor monofásico de indução utilizado no experimento em questão, mostrada na Fig. 2. Ao ser analisada, a placa indica que se trata de um motor monofásico com rotor de gaiola, potência de 0,25 HP (0,18 kW), possui velocidade síncrona de 1730 rpm, fator de potência de 0,57 e trabalha a uma frequência elétrica de 60 Hz e com tensão nominal de 110 V (com corrente nominal máxima de 8,2 A) ou 220 V (com corrente nominal máxima de 4,1 A), dependendo da rede elétrica ao qual é ligado, para o presente experimento foi atribuído a tensão nominal de 220 V.

Lamb (2015) destaca que o escorregamento aumenta com a carga e é necessário para produzir torque útil. A colocação de carga em um motor de indução é semelhante à de um transformador pois a operação de ambos envolve a alteração do fluxo concatenado com relação ao enrolamento primário (estator) e ao enrolamento secundário (rotor). A corrente sem carga é baixa e semelhante à corrente de excitação em um transformador. Assim, ela é composta de um componente de magnetização que cria o fluxo rotativo e de um componente ativo pequeno que fornece as perdas de atrito do vento e de fricção do rotor, mais as perdas do ferro do estator. Quando o motor de indução está sob carga, a corrente do rotor desenvolve um fluxo que se opõe e, por conseguinte, enfraquece o fluxo do estator. Isso permite que mais corrente flua nos enrolamentos do estator, assim como um aumento na corrente no secundário de um transformador resulta em um aumento correspondente na corrente do primário (Petruzella, 2013).

No intuito de obter os parâmetros de funcionamento do motor, foi fornecido ao mesmo a tensão nominal de 220 V, realizando a ligação de acordo com o esquema indicado na placa de identificação para a maior tensão.

Antes da realização dos testes, realizou-se a medição da resistência do motor em que, quando o motor não está girando, as componentes alteradas são canceladas, restando somente as componentes CC, neste caso, restando somente a resistência R_1 do estator, a qual apresentou um valor de 9,7 Ω.

2.3 Ensaio de curto circuito

Também chamado de ensaio de rotor bloqueado, este ensaio que pode ser realizado em um motor de indução para determinar seus parâmetros, corresponde ao ensaio de curto circuito de um transformador. Nesse ensaio o rotor é travado de maneira que não possa se mover, uma tensão é aplicada ao motor e a tensão, corrente e a potência resultante são medidas. Os resultados obtidos nesse ensaio, para a tensão medida ao ser atingida a corrente nominal de 4,1 A para o rotor bloqueado foi de 95 V, com uma potência de 389,5 W.

Lamb (2015) salienta que, com o escorregamento unitário, a impedância de entrada do circuito equivalente é muito baixa. A tensão induzida, as perdas no ramo magnetizante tornam-se muito pequenas. Além disso, como o motor está parado, as perdas por atrito e ventilação são nulas. A potência de entrada estará suprindo então as perdas Joule nos enrolamentos do estator e do rotor.

2.4 Ensaio a vazio

O teste a vazio busca informações a respeito do ramo de magnetização. Deixando o rotor livre, dá-se partida ao motor com tensão reduzida. Quando o motor está em regime, aplica-se a tensão nominal no estator de modo a obter um escorregamento muito pequeno. Desta maneira, o circuito equivalente pode ser simplificado, observado pela Figura 8. Nestas condições, a potência consumida pelo motor está suprindo as perdas Joule no estator, as perdas no ferro e as perdas rotacionais (atrito, ventilação e suplementares) (Del Toro, 2014).

Ao ser atingida a tensão de 220 V na fonte de alimentação, o torque aplicado ao motor inicialmente foi zero, constituindo o ensaio a vazio (motor sem carga). Os valores deste ensaio para a corrente foi de 2,55 A e uma velocidade de 1785 rpm, ou seja, quando o motor opera sem carga, a velocidade do rotor se aproxima muito da velocidade síncrona, por conta de o escorregamento ser muito baixo. De acordo com Chapman (2013), no modo de operação a vazio, a corrente do estator tende a ser grande, pois ela é responsável por fornecer a maior parte do campo magnético líquido, corrente esta que tende a ser grande em motores de indução se comparado a outros tipos de máquinas, mesmo operando a vazio as correntes atingem valores entre 30% e 60% da corrente de plena carga.

2.5 Variação de torque

Com a tensão nominal de 220 V, aumentou-se a tensão do freio de Foucault conectado ao eixo do motor em degraus de 5% e as leituras dos valores de conjugado, corrente, velocidade e potência fornecida ao motor para cada respectivo valor de torque podem ser visualizados na Tab. 2.

Tabela 2 - Parâmetros da máquina de indução na condição de variação de torque (conjugado).

Conjugado (N,m)	Corrente (A)	Velocidade (rpm)	Potência (kVA)
0	2,55	1785	561
0,2	2,6	1775	572
0,5	2,7	1760	594
0,7	2,8	1745	616
1	3	1715	660
1,4	3,4	1665	748
1,7	4,1	1600	902

Utilizando-se das equações citadas na metodologia, juntamente com os valores de tensão e corrente dos ensaios, obteve-se os parâmetros do circuito da Fig. 1, os quais são apresentados na Tab. 3.

Tabela 3 - Parâmetros obtidos.

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
$R_1\,(\Omega)$	9,7	$X_2\,(\Omega)$	4,46
$R_2\,(\Omega)$	1,42	$R_c\,(\Omega)$	Desconhecida
$X_1\,(\Omega)$	2,97	$X_M\,(\Omega)$	46,83

Na intenção de se fazer uma melhor clareza dos dados e realizar uma análise mais aprofundada dos parâmetros do motor de indução, foram levantadas curvas ao longo da variação do torque. Inicialmente, foi levantada a curva que representa a variação do escorregamento de acordo com o aumento do torque, resultando no gráfico da Fig. 3 (a), no qual observa-se um aumento significativo nos valores de escorregamento. O termo escorregamento é usado para descrever a diferença entre a rotação síncrona e a rotação efetiva na ponta do eixo do motor.

Fatores como a carga ou até mesmo a variação da tensão da rede podem influenciar na rotação do motor. No caso do experimento, como a tensão de entrada permaneceu a mesma, o que provocou esse aumento no escorregamento foi a aplicação de um constante aumento do conjugado. Lamb (2015) afirma que ao colocar carga no eixo do motor de indução há uma alteração do fluxo concatenado com relação ao estator e ao rotor. Desta forma, a corrente sem carga é baixa, sendo composta as perdas de atrito do vento e de fricção do rotor, mais as perdas do ferro do estator. Todavia, quando aumenta-se a carga, no eixo do motor de indução, a corrente do rotor desenvolve um fluxo que se opõe e enfraquece o fluxo do estator, ou seja, ao aumentar a carga, automaticamente, aumenta-se o escorregamento, tal efeito faz com que corrente no rotor aumente, e isso, diminui a velocidade, é possível observar tal efeito na Fig. 3 (b). À medida que a carga no motor aumenta, a velocidade do rotor diminui e seu escorregamento aumenta.

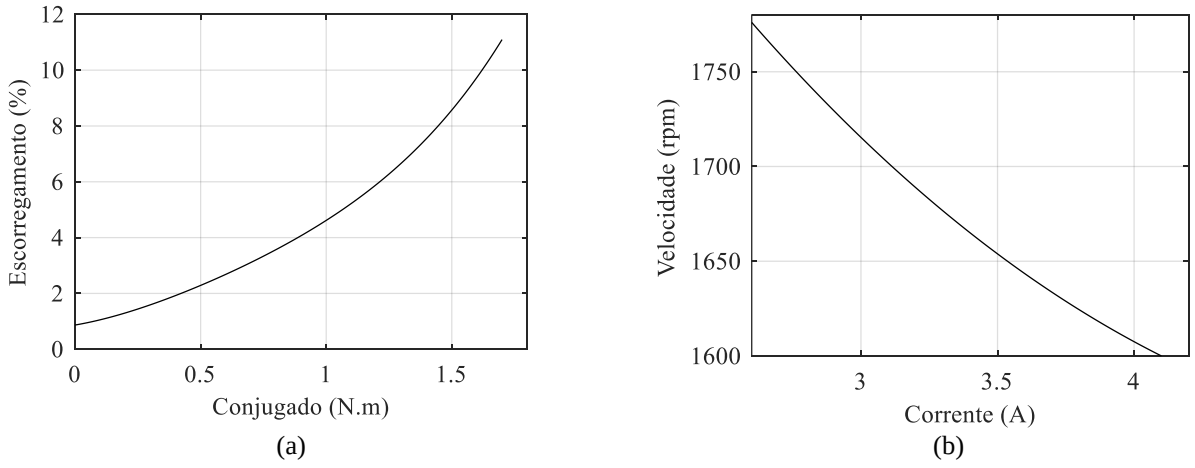


Figura 3 – Representação das curvas de variação do (a) escorregamento em relação ao aumento do conjugado e (b) da variação da rotação com o aumento do conjugado.

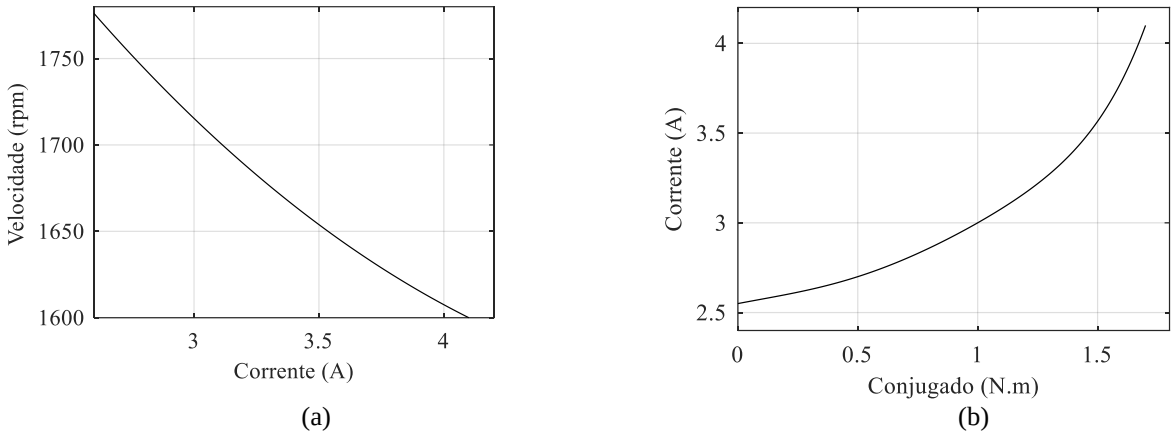


Figura 4 - Representação das curvas de variação da (a) velocidade em relação ao aumento da corrente e (b) da variação da corrente com o aumento do conjugado.

3. CONCLUSÃO

Motores de indução monofásicos se mostram ótimas opções para trabalhos leves, sendo também muito importantes em lugares sem alimentação trifásica, por essa razão, são construídos para baixas capacidades de potência, geralmente frações de HP. Os motores de indução são provavelmente o tipo o mais comum de motor de CA, aparecendo em inúmeros eletrodomésticos (ventiladores, motores de toca-discos etc.) e aplicações industriais. Fornecem bom torque, começam facilmente a girar, e são baratos.

Ensaios a vazio, com rotor bloqueado e com variações de torque, possibilitam conhecer melhor as características deste tipo específico de máquina elétrica, cujo comportamento pode ser analisado a partir dos experimentos aqui realizados. Verificou-se com clareza o fato de que, quando a carga do motor aumenta, ou seja, quando ele recebe uma força contrária ao sentido de giro do rotor, ocorre um considerável escorregamento, que aumenta à medida que a carga também aumenta, provocando uma diminuição da velocidade em relação à velocidade nominal e, consequentemente, aumenta a corrente que passa pelo rotor, constituindo uma potência maior no eixo.

Este trabalho objetivou a determinação dos parâmetros de um motor monofásico por meio de referências e uma norma utilizada pela ABNT, de forma com que a padronização dos resultados fosse feita. Juntamente com a obtenção dos valores do circuito equivalente do motor, foi realizado testes com variação de torque aplicado no rotor do motor. A plotagem dos gráficos evidenciou as características do motor, sendo melhor compreensível por apresentar visualmente as variações das características e desempenho do motor.

4. REFERÊNCIAS

Chapman, Stephen J., 2013. *Fundamentos de máquinas elétricas*. AMGH Editora.

Del Toro, Vincent., 2014. *Fundamentos de máquinas elétricas*. Rio de Janeiro: LTC.

Lamb, Frank. 2015. *Automação Industrial na Prática-Série Tekne*. AMGH Editora.

Petruzella, Frank D., 2013. *Motores Elétricos e Acionamentos*. 1° ed. Porto Alegre: AMGH.

Umans, Stephen D., 2014: *Máquinas Elétricas de Fitzgerald e Kingsley*. tradução: Antônio Laschuk. 7. ed. Porto Alegre: AMGH.

5. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

METODOLOGIA DE ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA UNIDADE INDUSTRIAL

Jaíne Leila de Araújo
Cássio Luciano Baratieri
Fernando Luis Tartari Peres
Universidade egional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, nº 345 – Bairro Demoliner. Erechim, RS
Jaine_leila@hotmail.com, fernandop@uricer.edu.br, cassiobaratieri@uricer.edu.br.

Resumo. *Este trabalho descreve a etapa inicial de um estudo de eficiência energética em uma unidade industrial, nesta fase é relatado os métodos e equipamentos utilizados para caracterização das instalações elétricas da empresa e do seu consumo de energia elétrica, neste estudo não foram avaliadas outras fontes de energia. Tendo em vista que, planos de eficiência energética tem se difundido mundialmente devido a conscientização ambiental e a finitude de diversas fontes de energia, almejam-se instalações elétricas mais modernas e econômicas. Eficiência energética não envolve racionamento de energia, seu propósito é melhorar a relação entre a produção e o consumo do processo, focando em consumir somente o necessário. O que motiva a aplicação de uma política de eficiência energética no meio industrial é o fato deste ser o maior consumidor de energia elétrica no país, atingindo assim valores mais significativos de economia. Este tipo de pesquisa necessita de um estudo detalhado das condições do local, visando conhecer suas instalações elétricas e características de consumo energético. Inicialmente é desenvolvido a revisão bibliográfica sobre o tema contextualizando eficiência energética e sua importância. Posteriormente realiza-se a caracterização da unidade industrial por meio de coleta de dados dos equipamentos, iluminação e consumo de energia elétrica.*

Keywords: *Eficiência energética, Consumo, Indústria, Economia.*

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2014, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Serviço de Conservação de Energia (ABESCO), 10% da energia consumida no Brasil foi desperdiçada, ou seja, não gerou nenhum tipo de trabalho. (Cunha, 2015). Sendo assim, com um uso mais consciente da energia é possível reduzir a necessidade de geração. Para isso são desenvolvidos planos de eficiência energética que consistem em fazer mais com menos, ou seja, realizar o mesmo trabalho consumindo somente o necessário.

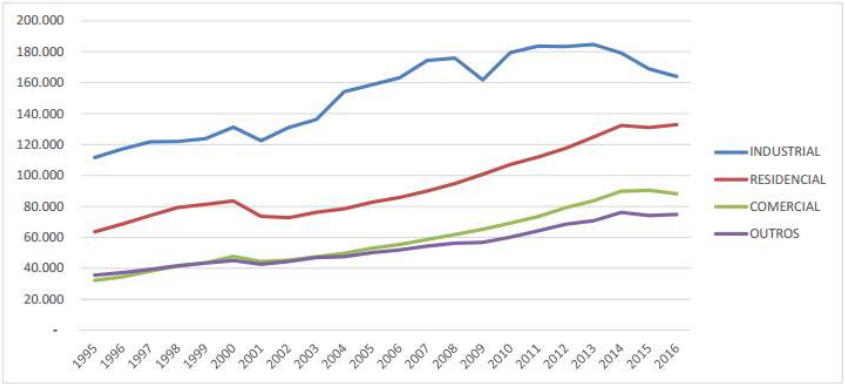


Figura 1. Consumo energético nacional por setor

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no relatório do consumo nacional de energia elétrica da rede por classe, indica que 35% do consumo de energia no ano de 2016 foi destinado ao setor industrial. Na Figura 1 é possível verificar o consumo energético no país por setor. Assim constata-se que o consumo energético no setor industrial tem sido o mais

elevado desde 1995, além disso é notável o aumento de consumo em todos os setores ao longo dos anos. Logo, o que motiva a aplicação de uma política de eficiência energética no meio industrial é o fato deste ser o maior consumidor de energia elétrica no país, atingindo assim valores mais significativos de economia de energia elétrica. (EPE, 2016)

De forma a contribuir ao estudo da eficiência energética, aplicada ao setor industrial, este trabalho propõe um estudo de caso em uma indústria do ramo metal mecânico localizada no município de Erechim – RS, sendo realizadas a caracterização da unidade industrial, o diagrama unifilar da empresa, o levantamento das cargas instaladas, a coleta de dados das máquinas da empresa e verificação dos níveis de luminosidade do local. Estes dados serão comparados com as normas de instalações elétricas e de iluminação para verificar se as instalações estão em conformidade com os padrões normatizados.

2. ASPECTOS CONCEITUAIS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O uso eficiente da energia é um assunto tratado mundialmente desde os anos de 1970, quando se percebeu que os combustíveis fosseis não seriam baratos e seu uso acarretaria em prejuízos ao meio ambiente. Nesta época foram criados programas com o propósito de encorajar a conservação e substituição dos derivados de petróleo (Poole; Geller, 1997).

Logo, uma visão buscando processos mais eficientes se estende aos serviços energéticos (iluminação, força motriz, aquecimento, transportes, entre outros), desta forma, é constatado que estes serviços poderiam ser realizados utilizando quantidades menores de energia. Hoje, equipamentos e hábitos também são avaliados sob o ponto de vista da eficiência energética. Casos em que o custo da energia economizada no processo é maior que o custo de implantação do projeto de eficiência energética são chamados economicamente viáveis (Ministério de Minas e Energia, 2007).

De acordo com a International Energy Agency (IEA), a eficiência energética é a capacidade de obter-se mais serviços de energia - como produção, transporte e calor - por unidade de energia utilizada (isto é, carvão, gás, eletricidade) (IEA, 2007).

Por outro lado, em uma visão associada ao desenvolvimento sustentável, Martins (2016, p. 14) define que a eficiência energética é "um conjunto de ações que podem contribuir para a implantação de uma nova cultura, que atenda às necessidades atuais da sociedade e ao mesmo tempo não comprometa os direitos das futuras gerações".

2.1. Influência da qualidade de energia na eficiência energética

Planos de eficiência energética são amplamente difundidos no setor industrial, pois este ramo representa expressiva participação na demanda energética mundial. Desta forma, diversas soluções aplicadas ao setor que visam otimizar a eficiência energética dependem de bons indicadores de qualidade de energia elétrica, para garantir a confiabilidade e continuidade dos processos produtivos (Morais, 2011).

Para Deckmann (2017), a qualidade de energia elétrica é uma medida de energia elétrica que incluí características de continuidade de suprimento e em conformidade com alguns parâmetros considerados desejáveis para a operação segura do sistema de suprimento e para as cargas elétricas. Entre os aspectos que definem a qualidade de energia estão o nível de tensão, fator de potência, distorção harmônica, desequilíbrios de tensão e frequência.

Manter níveis adequados de qualidade de energia dentro de uma instalação elétrica, seja industrial ou não, é fundamental quando se pretende atingir bons índices de eficiência energética, isso porque os fenômenos que interferem na qualidade de energia ocasionam perdas no sistema ou instalação elétrica.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, a coleta de informações acontece em quatro etapas. Na primeira, realiza-se a caracterização da unidade industrial, coletando as informações gerais sobre o funcionamento da empresa, produtos e consumo energético. A segunda etapa, contempla o levantamento das cargas instaladas, no qual os equipamentos serão catalogados quanto a seus valores de placa e manuais dos fabricantes. Durante a terceira etapa é realizada a coleta de dados das máquinas da empresa. A última etapa trata-se do estudo das condições de iluminação do local. Por fim são analisados os resultados obtido para verificar as condições das instalações elétricas da indústria.

A primeira etapa é fundamental para conhecimento da empresa, são coletados dados de quantidade de produção, público alvo dos produtos, logística, rotina da fábrica, quantidade de funcionários, entre outros fatores que definem o funcionamento da empresa. Tais informações serão utilizadas no momento de definir as ações de melhorias, como por exemplo uma redistribuição de cargas ou compra de novos equipamentos, para saber se as alterações vão de encontro a realidade da empresa.

Além disso, nesta fase são estudadas as faturas de energia da empresa. Este estudo verifica se o enquadramento tarifário adotado atualmente é o mais adequado a forma de consumo da empresa e se ocorrem ultrapassagens de demanda ou de reativo. Para isso foi avaliado as faturas de energia do último ano e se a empresa tem plano de crescimento quanto as cargas instaladas e horário de funcionamento (adicionando mais um turno).

Na fase de catalogar as cargas da empresa inicialmente foi realizada a inspeção na fábrica buscando todas as cargas presentes no processo de produção, verificando o período de utilização e ciclo de produção de cada equipamento. Um

documento importante que deve ser avaliado nesta etapa é o diagrama unifilar da fábrica, de acordo com a NR 10 que trata da segurança em instalações e serviços em eletricidade, "as empresas estão obrigadas a manter esquemas unifilares atualizados das instalações elétricas dos seus estabelecimentos com as especificações do sistema de aterramento e demais equipamentos e dispositivos de proteção".

O diagrama unifilar é importante para o estudo da eficiência energética, pois ele caracteriza as instalações elétricas da empresa. Com isso é possível verificar se os condutores estão adequados as cargas que alimentam e se a proteção é apropriada e se existe coordenação e seletividade. Este estudo pode eliminar perdas por dimensionamento ineficaz ie aumentar a segurança das instalações elétricas. Para verificação das condições das instalações elétricas foi consultado a NBR 5410 que determina os critérios de projeto para instalações elétricas de baixa tensão.

Com as ampliações na fábrica, as instalações elétricas foram sendo alteradas. Desta forma, como a empresa não continha um diagrama atual das instalações, foi desenvolvido o diagrama unifilar da fábrica. Para isso são registrados os quadros que continham disjuntores, os equipamentos protegidos por eles e os condutores utilizados. Usualmente os cabos apresentam em sua capa a descrição de características de isolação, flexibilidade e bitola. Entretanto, em alguns casos não foi possível verificar esta marcação, sendo assim, utilizou-se um paquímetro analógico de metal da marca Western para medir o diâmetro externo do cabo, comparando o diâmetro externo medido com os valores de diâmetro externo encontrados em catálogos de cabos foi possível identificar a bitola dos condutores de toda a instalação.

Com o diagrama unifilar em mãos foi possível definir os pontos onde foi realizado a medição das grandezas elétricas de cada carga. Sendo adotado como padrão conectar os equipamentos de medição nos disjuntores de alimentação de cada equipamento, desta forma é mensurado apenas o consumo da carga desejada, em casos com longas distâncias pode ser necessário considerar a quede de tensão entre o disjuntor e a carga.

Para isso foi utilizado o analisador de energia do laboratório de eletrotécnica da Universidade Regional Integrada do Auto Uruguai e das missões (URI), Câmpus de Erechim, que é empregue na disciplina de análise de qualidade de energia e nos projetos realizados por acadêmicos em empresas da região. O equipamento da marca Embrasul modelo RE6000 (Figura 2) é capaz de realizar a medição das seguintes grandezas:

- Tensões - Por fase e trifásica;
- Correntes - Por fase e trifásica;
- Desequilíbrios - Percentuais de desbalanceamentos entre as fases de tensão;
- Potência - Ativas, reativas e aparentes por fase e totais;
- Fator de potência;
- Frequência;
- Distorções - DHTi, DHTv, DHT Global;
- Transientes - Transitório, *Sag*, *Swell*.

Figura 2. Analisador de energia RE6000
(Extraído de Embrasul Indústria de Eletrônicos LTDA, 2015)

Com o analisador de energia se passa para a terceira etapa do estudo, que é a coleta de dados dos equipamentos. Antes de iniciar as medições é de suma importância conhecer plenamente o funcionamento do equipamento de medição que será utilizado, verificar as escalas de cada instrumento de medição e a memória disponível para armazenamento.

O RE6000 dispõe de manual de usuário didático com linguagem simples e bem ilustrativo, além disso, a universidade ministra cursos para utilização deste equipamento. Os sensores de corrente e tensão são conectados na parte posterior do analisador (Figura 3) sendo que a fase é identificada com cores diferentes, deve-se ater a ligação correta das fases, caso seja invertido os dados obtidos não corresponderão a realidade.

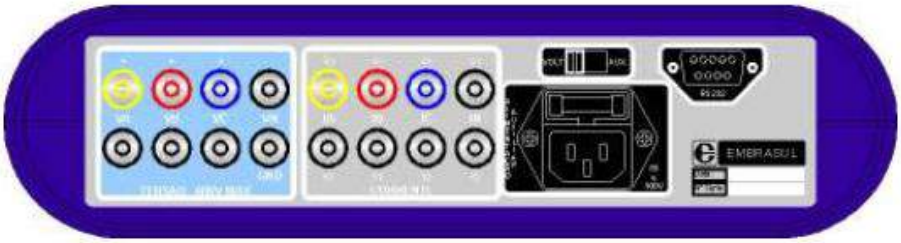


Figura 3. Vista posterior RE6000
(Extraído de Embrasul Indústria de Eletrônicos Ltda, 2015)

Quanto a capacidade de memória, o analisador de energia RE6000 contém é de 256 Mb, suporta até 15 diferentes arquivos no modo de memória linear, que mantém os arquivos interrompendo as medições ao término da memória, ou um arquivo no modo de memória cíclica, sendo que, este último sobrescreve os dados ao esgotar a capacidade de memória do dispositivo. Após realizado a medição os dados podem ser extraídos para o computador do usuário e analisados por meio de um software próprio do analisador de energia.

A última etapa na coleta de dados é a verificação dos níveis de iluminação do local. As medidas de luminância foram realizadas utilizando o luxímetro digital da URI - Câmpus de Erechim - RS, marca Minipa modelo MLM-1011 (Figura 4). Segundo Minipa (2017) este instrumento é indicado para realização de projetos de iluminação para ambientes internos e externos, medição de energia solar, fiscalização de ambientes de trabalho, verificação de iluminação pública, no setor agrícola, aplicável a medições de até 100 k Lux tendo a opção de congelamento de medição.

Figura 4. Luxímetro digital Minipa MLM-1011
(Extraído de Minipa do Brasil Ltda, 2017)

Nesta pesquisa, o estudo luminotécnico tem por objetivo verificar se a iluminação presente na empresa está de acordo com os padrões normatizados. Para a medição do nível de luminosidade é utilizado a norma NBR 5382/1985, que descreve a forma de verificação da iluminância de interiores, essa norma foi cancelada em março de 2013, sendo substituída pela ABNT NBR ISO/CIE 8995- 1:2013 Parte 1: Interior, porém, a nova norma trata dos requisitos de iluminação em ambientes internos de trabalho e das condições necessárias para que os colaboradores tenham eficiência, conforto e segurança ao desempenharem suas funções. Desta forma, a NBR ISO/CIE 8995-1 será consultada para verificação dos níveis de iluminância especificados para o perfil de trabalho da empresa, enquanto os procedimentos e condições para a medição da luminância atual da fábrica seguirão os requisitos da NBR 5382/1985.

O método de verificação apresentado na ABNT (1985) denominado “campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras”, conforme representado na Figura 5 é o que se enquadra as instalações da empresa.

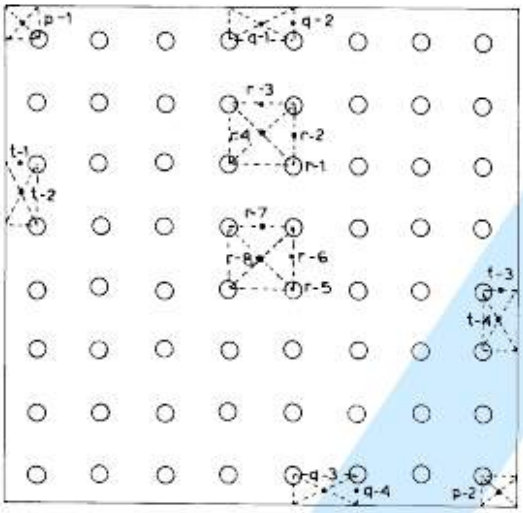


Figura 5. Pontos de medição da iluminância
(Extraído de NBR 5382)

A norma indica que seja realizado a medição em todos os pontos marcados e calculado a média aritmética entre os pontos com a mesma letra. Com isso utiliza-se a equação 1 para calcular a iluminância média do ambiente:

$$Iluminância\ média = \frac{R * (N-1) * (M-1) + Q * (N-1) + T * (M-1) + P}{N * M} \quad (1)$$

Sendo N o número de luminárias e M o número de fileiras

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta fase inicial do estudo procura-se como resultado conhecer as instalações elétricas da empresa e obter dados do consumo de toda indústria e dos equipamentos de forma a setorizar os custos com energia elétrica. O primeiro resultado obtido está relacionado as faturas de energia, o enquadramento tarifário correto, com demanda contratada adequada e correção do fator de potência, garante uma fatura de energia menor, pois o consumidor ajusta suas necessidades as condições oferecidas e pontos exigidos pela concessionaria distribuidora de energia.

Para a aquisição de dados dos equipamentos foi levado em consideração o ciclo de operação de cada máquina, buscando analisar ao menos dois ciclos de operação. Já na entrada de energia foi verificado a operação da fábrica em um dia sem operação para apurar se existia alguma perda a vazio e em dois dias de operação normal para avaliar a distribuição de cargas durante o período de operação da indústria e se o consumo permaneceria semelhante nos dois dias.

Foram mensuradas as seguintes grandezas com o analisador de energia RE6000:

- Potência;
- Fator de potência;
- Consumo;
- Queda de tensão;
- Características operacionais (picos de corrente, tesão, entre outros);
- Presença de harmônicas.

Com os dados obtidos foi comparado o consumo de cada setor da fábrica, para que fosse possível comparar o consumo dos equipamentos foi adotado um padrão de 300 amostras, este valor representa o consumo durante 5 minutos. As 300 amostras foram escolhidas devido ao fato de que algumas medições, contém aproximadamente este valor de amostras não nulas.

Sabendo o consumo em cada setor é possível direcionar os planos de melhoria da eficiência energética. Como o consumo é dado em kWh é possível determiná-lo sabendo quantos kW são requeridos em um intervalo de tempo. Para verificar o consumo de cada equipamento foram utilizados os dados de potência ativa obtidos pelo analisador de energia, na extração de dados do software do analisador para Excel a integração passa a ser de 1 s e os valores de potência estão em Watts, para conversão destes valores em consumo (kWh) é utilizada a equação 2. Sendo N o número de amostras e P a potência em Watts.

$$consumo = \frac{(\sum_0^N P) * N}{1000 * 3600} \quad (2)$$

Na última fase de coleta de dados pretende-se obter os níveis de iluminância da fábrica. Realizando as medições e calculando a iluminância média conforme indicado na NBR 5382 é possível saber o nível de iluminação atual da fábrica. Com isso, consulta-se a ABNT ISO/CIE (2013) que define os valores recomendados de luminância média de acordo com a tarefa ou atividade desenvolvida no local. Para indústrias com trabalho e processamento em metal, na área de trabalho com folha de metal, o valor indicado é 200 Lux. Como os índices obtidos na empresa não chegaram ao indicado em uma segunda fase do trabalho será desenvolvido o projeto luminotécnico propondo nova iluminação.

5. CONCLUSÃO

Com este estudo buscou conhecer o cenário da eficiência energética na empresa. Pode-se concluir que o levantamento de dados para o conhecimento das cargas, consumo da empresa e caracterização das instalações elétricas representam parte fundamental, porém de extensa análise.

Um item fundamental neste trabalho é o desenvolvimento do diagrama unifilar das instalações. É a partir disto, que são realizadas várias análises. Embora a metodologia adotada obtenha valores próximos aos reais, para uma análise mais precisa é possível realizar a medição do diâmetro do cobre.

Os dados de consumo de cada equipamento são importantes para direcionar os pontos com maior potencial de melhoria no uso da energia. Além disso, os valores de iluminância média serão utilizados como base para o estudo luminotécnico da empresa. Contudo, as considerações abordadas, quanto a possíveis melhorias nas instalações elétricas da empresa, possibilitam maior segurança, confiabilidade e economia para as instalações. Por fim, ressalta-se a relevância dos resultados parciais apresentados como base de dados para o estudo do melhoramento da eficiência energética da indústria.

6. REFERENCIAS

ABNT. NBR 5382 - *Verificação de Iluminância De Interiores*. Rio de Janeiro: [s.n.], 1985. 4 p.

_____. NBR 5410 - *Instalações Elétricas de Baixa Tensão*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2008. 217 p.

_____. NBR ISO/CIE 8998-1 - *Iluminação de ambientes de trabalho*. Parte 1: Interior. 2013. 46 p.

CUNHA, J. *Desperdício Consome 10% da Energia Elétrica no País, diz Associação*. 2015. 3 p. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/02/ 1586778-desperdicio-consome-10-da-energia-eletrica-no-pais-diz-associacao.shtml>

DECKMANN, S. M. *Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica*. Campinas: [s.n.], 2017. 14 p

Embrasul Indústria Eletrônica Ltda. *Analisador de Energia RE6000*. [S.l.: s.n.], 2015. 9 p.

IEA. **Mind the Gap**. Paris: Head of Communication and Information Office, 2007. 1–219 p.

MARTINS, P. É tempo de Fazer Mais... ...Usando Menos. **Revista Potência**, n. 125, p. 12–28, 2016.

Minipa do Brasil. *Luxímetro Digital Modelo: MLM-1011*. 2017. Disponível em: <www.minipa.com.br>.

Ministério de Minas e Energia. *Plano Nacional de Energia 2030*. 2007. 324 p.

Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade*. Portaria n.º 598, de 07 de dezembro de 2004.

MORAIS, S. S. de. *Estudo da Eficiência Energética e Qualidade de Energia com Aplicação na Indústria*. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal de Viçosa, VIÇOSA, 2011.

POOLE, A.; GELLER, H. *O Novo Mercado de Serviços de Eficiência Energética no Brasil*. Rio de Janeiro: [s.n.], 1997. 78 p.

7. NOTA DE RESPONSÁBILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

FILTROS ELETRÔNICOS HÍBRIDOS PARA MITIGAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS E RUÍDO

João Lucas Zaions
Carlos Alberto Ramirez Behaine
Universidade de Passo Fundo, BR 285, São José, Passo Fundo/RS, CEP: 99052-900
cramireb@hotmail.com, joao.zaions@icloud.com

Resumo. *Interferências provindas da rede elétrica podem afetar diretamente o funcionamento de diversos aparelhos eletrônicos, entre eles, podemos citar alguns tipos de equipamentos, tais como os biomédicos com o Eletrocardiograma (ECG), nas Telecomunicações como é o caso de sinais de áudio, ou até mesmo em gravações de voz. Essas inferências causadas pela rede elétrica em 60Hz e suas harmônicas causam incertezas nas medições, zumbidos indesejados em sinais de áudio e entre outros. No entanto, podem ser eliminadas com a ajuda de filtros, como é o caso do filtro Notch, que consiste em um filtro rejeita faixa, capaz de eliminar a frequência desejada com uma largura de banda muito estreita, interferindo assim, muito pouco na qualidade do sinal. O presente trabalho tem a finalidade de suprimir essas interferências de linha indesejadas através da união de filtros Notch combinados, eliminando assim a frequência fundamental da rede (60Hz) juntamente com suas harmônicas de ordem impar até a 11ª ordem, possui também um filtro ajustável, configurável através de uma interface simples e intuitiva, composta por um display e botões onde é possível selecionar uma frequência de corte de interesse, bem como um fator de qualidade programável, além de disponibilizar ao usuário a possibilidade de seleção dos seguintes filtros: Passa baixa, passa alta, passa banda ou rejeita banda, possibilitando uma vasta gama de aplicações visando minimizar erros causados por interferências de linha, a fim de melhorar o funcionamento de diversos dispositivos eletrônicos que estão sujeitos a interferências.*

Palavras-chave: *Filtros Notch, Interferências, 60Hz, Filtros Híbridos*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a qualidade de energia tem sido alvo de interesse e discussão, visto que com a crescente evolução no setor industrial, comercial e residencial, de dispositivos que empregam a eletrônica de potência e outros equipamentos com características não lineares aparecem como exemplos de cargas geradoras de harmônicas indesejadas. Esse subproduto chamado de harmônicas indesejadas é responsável por degradar a qualidade da rede elétrica, provocando interferências na frequência de 60Hz e suas múltiplas, sendo muito frustrantes para qualquer um que queira realizar medições precisas em sinais de baixa tensão, onde podemos tomar por exemplo os sinais de eletrocardiograma, de áudio, ou até mesmo de equipamentos ligados perto de transformadores AC, que acabam sendo contaminados por essas interferências e prejudicando o funcionamento correto dos mesmos (MORENO, 2001).

A técnica de filtragem parece ser uma solução parcial a interferência harmônica de 60Hz. A filtragem analógica é uma técnica clássica que tem sido utilizada desde o inicio da telefonia com componentes passivos e componentes ativos (KENDALL, 2002). Técnicas analógicas de filtragem tem a vantagem de ter resposta com pouca latência, mas ainda a sua topologia de configuração é rígida, e porém, não permite uma escolha flexível de parâmetros em frequência (ALEXANDER;SADIKU, 2013). A filtragem digital é uma técnica moderna que permite flexibilizar os parâmetros de respostas e melhorar a qualidade nas faixas de rejeição de frequência, mas a sua respostas transitórias podem ter tempos de latência não toleráveis para aplicações em tempo real e medições, além de que algumas topologias poderiam apresentar instabilidades pela realimentação (HAMMING, 2013).

Seja qual for a implementação dos filtros (analógica ou digital), os filtros seletivos em frequência podem mitigar a interferência que aconteça em bandas específicas. Os filtros seletivos que rejeitam bandas de frequência podem ser classificados em duas categorias: "*wideband"* e "*narrowband"*, respectivamente, banda larga e banda estreita. Os filtros são classificados como de banda larga quando suas frequências de corte superior e inferior tiver uma relação que exceda a razão de aproximadamente 2, e sua construção pode ser baseada em um filtro passa baixa em cascata com um filtro passa alta. Já um filtro banda estreito, também conhecido por "*Notch"*, tem uma largura de banda muito estreita. (PACTITIS,2007).

Para atingir as mais diversas aplicações e demais interferências causadas por interferências de diversos tipos, como o ruído Gaussiano branco aditivo (AWGN) e o ruído de harmônicas, desenvolveu-se um filtro híbrido limitador de banda com o intuído de aproveitar as vantagens dos filtros analógicos e digitais, onde o usuário poderá definir a frequência de corte desejada, bem como o fator de qualidade, ou até mesmo o tipo de filtro, por meio de uma topologia muito flexível utilizando potenciômetros digitais e componentes analógicos, possibilitando a seleção de diferentes filtros, fornecendo atenuação ou amplificação na faixa, para diferentes tipos de aplicações possibilitando a leitura do sinal de interesse mais clara e mais imune a interferências externas.

2. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

Para dar início ao desenvolvimento do projeto, foi necessário identificar exatamente as harmônicas a serem removidas, para isso, com a ajuda do osciloscópio digital de alto desempenho, realizou-se amostragens da rede elétrica. Com os dados capturados, foi possível obter os valores lidos da Transformada Rápida de Fourier (FFT) da rede, gerado pela função embarcada presente no osciloscópio, e fazendo a amostragem da rede elétrica com intervalos de 0,2604Hz com 5000 pontos, totalizando uma faixa de frequência entre 0Hz até 1301,74Hz. A Figura 1 ilustra os dados amplitudes (db) das médias dos harmónicos indesejados (Hz) em um laboratório adequado para testes ao longo dos horários da amanha e da noite (Hora). Apoiado na Figura 1, é possível visualizar que as harmónicas indesejadas são de ordem ímpar, sendo elas a fundamental em 60Hz, em 180Hz, 300Hz, 420Hz, 540Hz e 660Hz. É possível observar na Figura 1 que as harmônicas de ordem par, 120Hz e 240Hz estão presentes no sistema elétrico também, no entanto, interferem muito pouco no sistema, e então foram desprezadas nesta proposta. É importante ressaltar que além das interferências da rede elétrica, há também os ruídos AWGN (Ruído Gaussiano Aditivo Branco) presentes em qualquer ambiente e em todas as faixas de frequências.

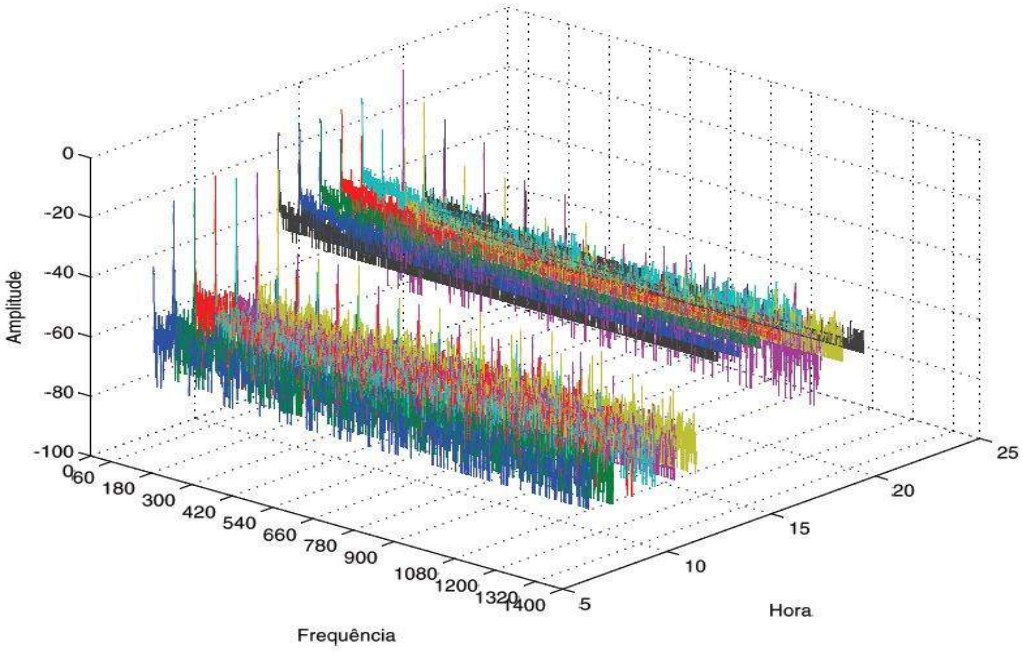


Figura 1. Amplitudes (db) das médias dos harmónicos indesejados (Hz) em um espaço adequado para testes ao longo dos horários da amanha e da noite (Hora).

2.1 Arquitetura

Para mitigar as interferências causadas pelo sistema elétrico, sendo eles em baixa frequência pelas harmônicas, em frequências mais altas, como por equipamentos ligados há rede, como televisores ou lâmpadas fluorescentes ou até mesmo por rádio frequência, desenvolveu se um protótipo composto por uma série de filtros ativos rejeita banda, ligados em cascata como ilustrado na Figura 2. Os filtros *"Notch"* projetados foram do tipo "*Fliege"* que permitem ajustar a frequência de rejeição e o fator de qualidade utilizando um potenciômetro.

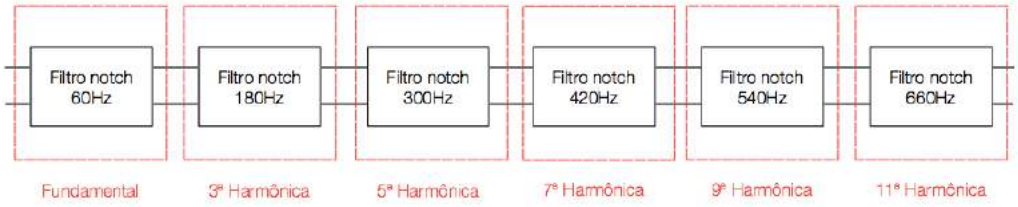


Figura 2. Diagrama do conjunto de filtros "*Notch"*.

Em conjunto com esta serie de filtros "*Notch"*, há outro conjunto de filtro, para limitar a banda de operação, com diferentes tipos de ajuste, que se chama filtro de estado variável (passa baixa, passa banda, passa alta). A Figura 3 ilustra o diagrama de blocos da arquitetura do Hardware proposto. É possível visualizar na Figura 3 a existência de buffers no diagrama de blocos para evitar possíveis problemas de acoplamento, e uso de demultiplexadores que serão responsáveis pela seleção, de acordo com o programado pelo usuário, dos filtros propostos no protótipo. Através da lógica feita pelos demultiplexadores será possível selecionar o bloco de circuitos "*Notch"*, ilustrado pelo diagrama de blocos da Figura 3, juntamente com o filtro de estado variável, ou simplesmente, utilizar cada filtro de forma independente. Já o bloco do "filtro de estado variável" encontrado no diagrama de blocos da Figura 3, é caracterizado pela topologia do filtro de estado variável, de construção simples, com baixa sensibilidade aos componentes e de fácil ajuste, é possível obter um ótimo resultado, para diferentes configurações e tipos de filtro. Com uma frequência de corte e fator de qualidade ajustável, bem como a possibilidade de utilizar os filtros passa alta, passa baixa, passa banda ou rejeita banda por meio de suas 4 saídas, que são selecionadas por um demultiplexador, selecionando a saída em questão de acordo com o selecionado pelo usuário, levando a saída do protótipo. As opções de usuário são selecionadas pela saída de um micro controlador do tipo PIC.

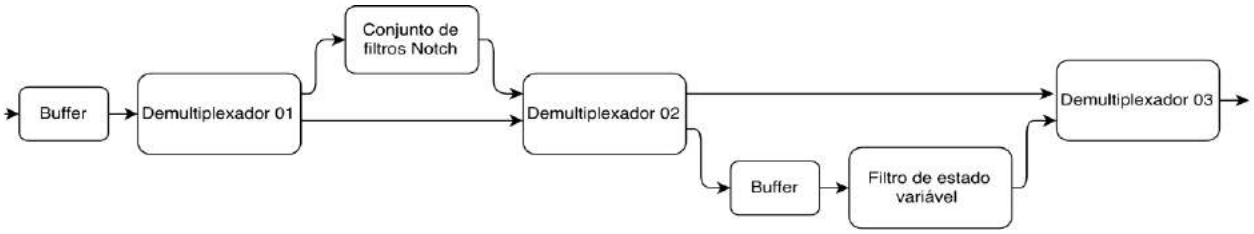


Figura 3. Diagrama de blocos da arquitetura do Hardware proposto.

2.2 Topologias e circuitos

A topologia selecionada para o conjunto de filtros "*Notch"* foi a "*Fliege"* que permitem ajustar a frequência de rejeição e ao fator de qualidade, dito circuito para o caso de 60Hz ilustra-se na Figura 4. Dentre diversas topologias procuradas para o filtro de estado variável, encontrou-se uma topologia chamada *"State variable",* esta topologia, de estado variável, se mostrou interessante pois para definir a frequência de corte do filtro, é necessário alterar somente dois resistores, sendo que os dois devem ser do mesmo valor, e dois capacitores. Seu fator de qualidade é totalmente independente da frequência de corte. Além dessas vantagens, esta topologia é capaz de gerar diferentes tipos de filtro, o que faz com que o mesmo, tenha as mais diversas aplicações. Esta topologia fornece três saídas de filtros, sendo eles: passa alta, passa baixa e passa banda, e com a ajuda de um circuito somador, com ganho unitário, é possível somar as saídas passa alta e passa baixa, formando um filtro rejeita faixa. A topologia em questão é representada pela Figura 5, utilizando chaveamento de capacitores e potenciómetros digitais para seleção de bandas de frequências introduzidas pelo usuário desde um micro controlador do tipo PIC.

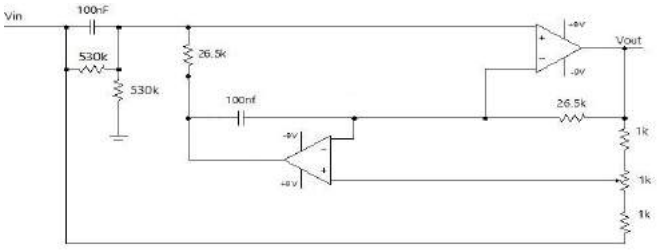


Figura 4. Filtro "*Notch Fliege"* para 60Hz

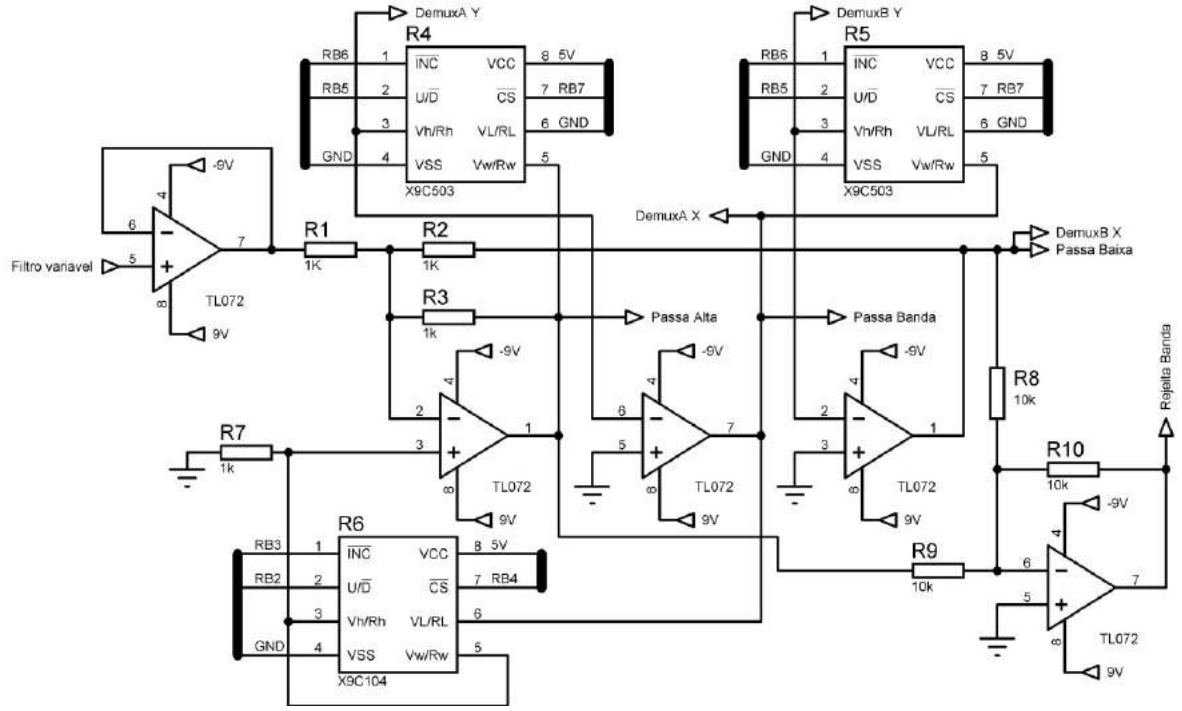


Figura 5. Topologia *"state variable"* com circuitos híbridos somadores para produzir filtros passa baixa, passa banda, passa alta e rejeita banda *Notch*.

2.3 Firmware

O *firmware* desenvolvido neste projeto pode ser demonstrado pelo diagrama de blocos mostrados na Figura 6, que exemplifica a interface, mostrando as opções que o usuário poderá selecionar de acordo com sua necessidade, através dos botões de seleção. Através do diagrama de blocos é possível visualizar o funcionamento da interface do projeto, onde inicialmente o usuário tem a opção de ativar ou desativar o filtro "*Notch"*, seguido pela possibilidade de ativar ou desativar o filtro variável, quando selecionado, pedirá ao usuário que informe a tensão que será aplicada na entrada do protótipo, visto que o mesmo possui potenciômetros digitais que trabalham somente na faixa de -5 a 5 volts. O protótipo de usuário desenvolvido é ilustrado na Figura 7.

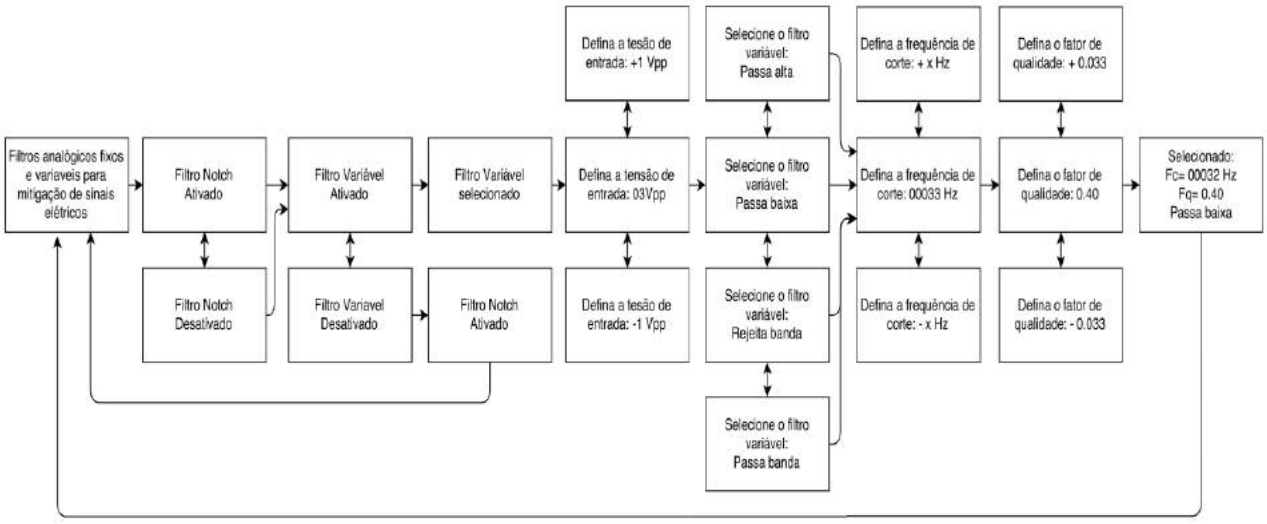


Figura 6. Diagrama de blocos do firmware

Figura 7. Ilustração do protótipo desenvolvido

3. RESULTADOS

Os resultados comparativo de desempenho do conjunto de filtros "*Notch"* para as diferentes harmônicas indesejadas estão ilustrados na Tabela 1, onde a largura de banda de frequências e dada é por $F_2 - F_1$ e as resistências de ajuste de parâmetros digitais são Ro e Rq. A Figura 8 ilustra um resultado experimental para um sinal de 60Hz.

Os resultados dos filtros "*state variable",* em termos da resposta em frequência, estão ilustrados na Figuras 9 (a), (b), (c), (d).

Tabela 1. Valores adotados para projeto de filtros "*Notch"*.

Frequência (Hz)	Ro (kΩ)	Ro adotado (kΩ)	Rq (kΩ)	Fator Q teórico	F1 (Hz)	F2 (Hz)	Fator Q real	Erro relativo do fator Q (%)
60	26.526	26.5	330.0	6.22	51	69	3.33	86.786
180	8.842	8.82	100.0	5.65	154	209	3.27	72.782
300	5.305	5.34	61.9	5.83	276	330	5.55	5.045
420	3.789	3.81	49.0	6.46	391	459	6.17	4.7
540	2.947	3.02	39.0	6.61	501	591	6.27	5.422
660	2.411	2.44	33.0	6.84	613	724	6.32	8.227

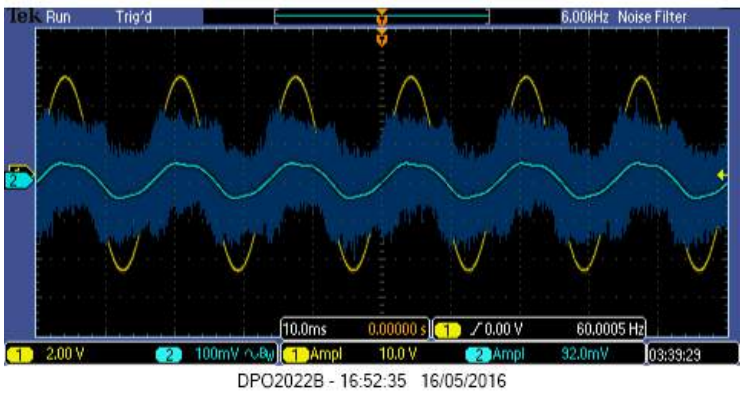


Figura 8. Sinal experimental senoidal em 60Hz atenuado pelo filtro "*Notch"* 60Hz.

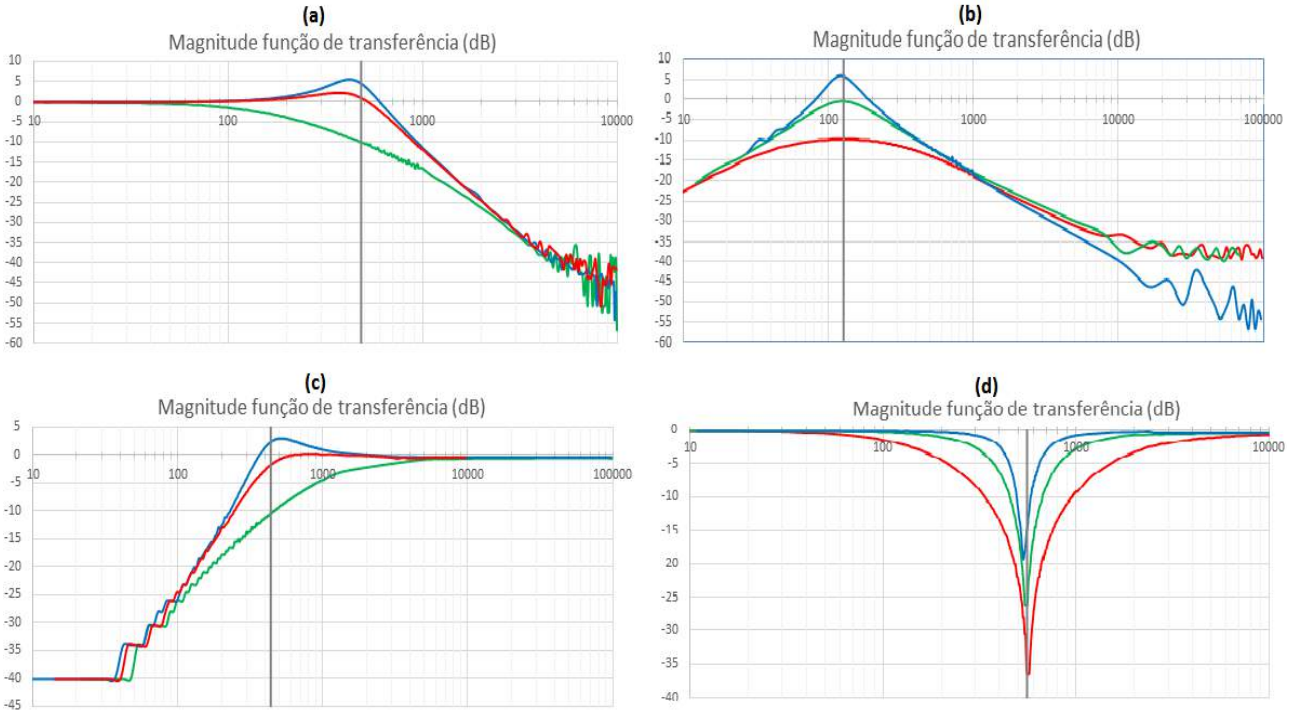


Figura 9. Resposta em frequência em termos da magnitude da função de transferência experimental dos filtros *"state variable"* caso (a) Passa baixa, (b) Passa banda, (c) Passa alta e (d) Rejeita banda "*Notch"*.

Os resultados experimentais ilustrados na Tabela 1, na Figura 8 e na Figura 9 foram muito próximos aos simulados e à teoria, com algumas variações, tanto em desvio da frequência de corte, fator de qualidade abaixo do teórico, mas considerando que na teoria e em simulação tudo é considerado idealmente, sem as tolerâncias dos componentes, resistências ou capacitâncias parasitas entre tantos outros fatores externos que possa atuar sobre um circuito elétrico, com um percentual de erro tolerável.

4. CONCLUSÕES

O protótipo desenvolvido consegue fazer a filtragem dos sinais utilizando topologias híbridas que permitem obter as vantagens dos filtros analógicos e as vantagens dos filtros digitais. Os resultados obtidos são promissórios, uma vez que as respostas em frequências foram flexíveis através de uma interface digital de usuário e a resposta real do protótipo não precisa amostragem nem conversões analógico/ digital/ analógico que prejudiquem a latência.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao espaço físico e equipamentos utilizados no Núcleo de Eletrônica (NE) e ao Laboratório de Comunicações (LACOM) da Universidade de Passo Fundo (UPF).

6. REFERÊNCIAS

ALEXANDER, Charles. K; SADIKU, Matthew N. O., 2013. *Fundamentos de circuitos elétricos*. 5. ed. AMGH, Porto Alegre, Brasil.

HAMMING, R. W., 2013. *Digital Filters*, 3th ed, Dover Publications, New York, USA.

KENDALL, Su. 2002., *Analog Filters*. Second Edition. Kluwer Academic Publishers, New York, USA.

MORENO, Hilton., 2011. *Harmônicas nas Instalações Elétricas – Causas, Efeitos e soluções*. Procobre, São Paulo, Brasil.

PACTITIS, S. A., 2007. Active Filters Theory and Design. CRC Press, Boca Raton, USA..

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material impresso neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

MODELAGEM DE COMPONTENTES TRIFÁSICOS UTILIZANDO A PLATAFORMA LTSPICE PARA EVITAR OSCILAÇÕES NUMÉRICAS

Juliano Flores Riboli
Leonardo Ulises Iurinic
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. Assis Brasil, 709, Frederico Westphalen
ratocapu@gmail.com
luiurinic@uri.edu.br

Resumo. *A grande maioria de sistemas elétricos de potência são constituídos por circuitos trifásicos e os softwares desenvolvidos para a sua simulação possuem modelos trifásicos prontos para simplificar a modelagem. O ATP-EMTP é um software gratuito para simulação de sistemas elétricos de potência que foi consagrado na comunidade científica. No entanto, o mesmo apresenta problemas de oscilações numéricas devido ao método de simulação utilizado. Estas oscilações são eliminadas em outro programa gratuito chamado SPICE, cuja principal limitação é a indisponibilidade de modelos trifásicos prontos. Neste contexto, o presente trabalho expõe diferentes formas de construir modelos trifásicos na versão LTspice do programa SPICE e apresenta a comparação da simulação de chaveamentos sobre indutores realizada com o ATP-EMTP e o LTspice. Na simulação realizada com o ATP-EMTP aparecem oscilações numéricas significativas enquanto que no LTspice as mesmas não existem.*

Palavras-chave: *simulação computacional, sistemas elétricos de potência, oscilações numéricas, circuitos elétricos trifásicos.*

1. INTRODUÇÃO

Os circuitos trifásicos de corrente alternada senoidal apresentam grandes vantagens técnicas e econômicas para a geração, transmissão e consumo da energia elétrica, sendo deste modo a principal configuração dos Sistemas Elétricos de Potência (SEP) (Hayt e Fergusson, 2014). Devido à complexidade e características destes sistemas, a simulação digital é a única forma viável para poder projetar e analisar os mesmos (Watson; Arrillaga, 2003.), sendo possível a simulação no domínio do tempo ou da frequência. A simulação no domínio do tempo é de especial interesse por constituir uma ferramenta essencial nos projetos de pesquisa em áreas de vital importância, como: diagnóstico de faltas, estudo de manobras no sistema elétrico, desenvolvimento e análise de sistemas de proteção, estudo de descargas atmosféricas no sistema elétrico, coordenação da isolação e estudos relacionados à qualidade de energia elétrica.

Na atualidade existem vários programas de computador desenvolvidos para simular SEP no regime do tempo e da frequência. A maioria dos *softwares* são comerciais e as suas respectivas licenças são de custo elevado, sendo os seguintes os mais populares e utilizados: SimPowerSystems; Electromagnetic Transient Program (EMTP-RV); PSCAD; EMTDC e Micro Tran (Hay, et al., 2015). Devido ao custo elevado das licenças dos programas comerciais, existe grande interesse na utilização de programas gratuitos. Por outro lado, atualmente é possível registrar apenas um programa para simulação de SEP no regime transitório com licença gratuita e que possui modelos prontos de componentes trifásicos: o *Alternative Transient Program* (ATP-EMTP) (ATP Canadian Users Group, 2017). A pesar da popularidade do ATP-EMTP, as simulações dos circuitos no domínio do tempo podem ser realizadas com apenas um método numérico, a integração trapezoidal com passos fixos, baseada no método desenvolvido por Dommel a finais da década de 1960 (Dommel, 1969). O método de integração trapezoidal com passos fixos de integração apresenta a importante limitação de produzir oscilações numéricas e picos (*spikes*) nas variáveis de saída, quando certos tipos de chaveamentos são simulados sobre indutores e capacitores (Watson e Arrillaga, 2003; Ferreira, et. al, 2015). Além da limitação do ATP-EMTP enquanto ao método de solução numérica, o mesmo não possui modelos prontos de componentes eletrônicos comercieis, os quais são de grande importância para analisar a sensibilidade de cargas eletrônicas ante distúrbios na rede de energia elétrica, como exemplificado por Hossain, et al (2017).

O programa *Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis* (SPICE), é outro programa para simulação de circuitos elétricos que foi desenvolvido em 1972 por Laurence W. Nagel, na universidade da Califórnia em Berkeley (Nagel, 1975). Sendo um *software* livre, certas empresas desenvolveram a sua versão do SPICE (SPICE, 2017) para seus determinados fins, sendo que neste trabalho será adotada a versão LTspice (Linear Technology, 2017). O LTspice oferece a possibilidade de escolher outras técnicas para simulação de circuitos, as quais apresentam grande estabilidade e resolvem os problemas de oscilações numéricas existentes e inevitáveis no ATP-EMTP, bem como em outras versões comerciais do SPICE (ENGELHARDT, 2015). Além disso, o LTspice disponibiliza modelos prontos de componentes

eletrônicos comercializados e fabricados pela Linear Technology, bem como a possiblidade de inserir e modelar componentes de outros fabricantes. Em contrapartida, devido à ênfase do SPICE em circuitos eletrônicos, as diferentes versões gratuitas do SPICE não disponibilizam modelos adequados para o estudo e análise de SEP. Exemplos destes modelos são as linhas de transmissão trifásicas com fases acopladas, transformadores de potência, transformadores de proteção e medição, fontes trifásicas, interruptores trifásicos e geradores síncronos, entre outros.

No contexto acima explicado, este trabalho propõe mostrar que o LTspice pode ser utilizado para simular SEP e assim evitar os problemas de oscilações numéricas produzidos pelo ATP-EMTP. Sendo assim, a segunda seção do trabalho apresenta um resumo sobre o método mais comum para a simulação de circuitos no domínio do tempo e explica o problema das oscilações numéricas. A terceira seção mostra duas formas possíveis para construir modelos de componentes personalizados dentro da plataforma LTspice. A quarta seção apresenta a comparação dos resultados da simulação de um mesmo circuito utilizando o ATP-EMTP e o LTspice. Salienta-se ainda que o presente trabalho representa o início de uma pesquisa cujo objetivo final é a modelagem de componentes mais complexos.

2. SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Até 1960 só era possível a análise do funcionamento das grandes redes elétricas com o auxílio de computadores analógicos. Com a disponibilidade de computadores digitais e com o surgimento de linguagens de programação modernas, foram feitas diversas tentativas para a solução dos sistemas de equações relacionados com circuitos elétricos.

Um circuito elétrico pode ser modelado, na maioria dos casos, por resistores, indutores e capacitores. Na prática, os circuitos são sistemas contínuos que podem ser modelados e estudados mediante um sistema de equações nodais (Hayt, et al. 2014). O sistema de equações poderá conter Equações Diferenciais (ED), as quais são utilizadas para descrever o comportamento dos indutores e capacitores. Para poder simular o sistema contínuo em um computador digital, primeiramente é necessário converter as ED em equações de diferenças (Watson e Arrillaga, 2003.). A técnica mais utilizada para a obtenção de equações de diferenças é a transformação das indutâncias e capacitâncias em equivalentes discretos, constituídos por uma resistência equivalente e uma fonte de corrente em paralelo. Com esta abordagem é possível modelar um circuito mediante o método dos nós, utilizando unicamente equações algébricas que representam resistências e fontes de corrente. Para poder realizar a conversão dos indutores e capacitores em resistências e fontes de corrente, diferentes métodos de integração numérica são utilizados, sendo os métodos Trapezoidal, Backward Euler e Gear os mais comuns (Watson e Arrillaga, 2003.).

2.1 Integração numérica

A integração numérica é uma forma aproximada para obter o valor de uma integral definida, permitindo resolver certas ED em intervalos definidos de tempo com uma série de cálculos recursivos. Especificamente, na simulação de circuitos será necessário dividir o intervalo de tempo que se deseja simular em pequenos intervalos de integração Δt. Por sua vez, a variável t significará o instante de tempo atual e por tanto t-Δt significa um instante de tempo anterior.

O procedimento para a obtenção de equações de diferenças será exemplificado com o caso de um indutor. O comportamento de um indutor pode ser entendido através da Eq. (1), onde v_L é a queda de tensão produzida pelo indutor, i_L é a corrente que atravessa o indutor e L representa à indutância. A Eq. (1) pode ser multiplicada por dt e integrada no intervalo de tempo Δt, chegando na Eq. (2).

$$v_L = L \cdot \frac{di_L}{dt} \tag{1}$$

$$\int_{t-\Delta t}^{t} v_L dt = L \cdot \left[i_L(t) - i_L(t-\Delta t) \right] \tag{2}$$

A integral que aparece no membro esquerdo da Eq. (2) pode ser aproximada por algum método de integração numérica, como por exemplo, o método de integração trapezoidal. Desta maneira o indutor poderá ser modelado com o circuito equivalente da Fig. 1. Este circuito equivalente contém uma resistência **Req** e uma fonte de corrente $I_{history}$. O valor da **Req** depende do valor da indutância e do passo de integração adotado, enquanto que a $I_{history}$ depende também de valores de tensões e correntes no instante t-Δt, um instante anterior da simulação. Sendo assim, é possível realizar uma simulação para qualquer intervalo de tempo mediante operações recursivas, resolvendo o circuito equivalente discreto para cada instante $t + n\Delta t$.

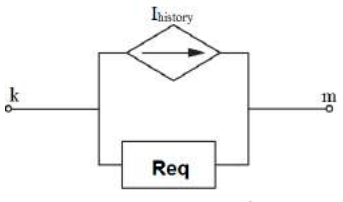


Figura 1. Modelo discreto do L e C.

O equivalente apresentado na Fig. 1 pode ser usado também para modelar um capacitor, com as respectivas alterações nos valores de **Req** e $I_{history}$. O Quadro 1 apresenta os valores que adotam os elementos do equivalente da Fig. 1 para o indutor e o capacitor, em função do método de integração escolhido.

Quadro 1. Resistências equivalentes e fontes de correntes para diferentes métodos de integração numérica (Watson, 2003).

Método de integração	Indutor	Capacitor
Trapezoidal	$\mathbf{Req} = \frac{2L}{\Delta t}$ $I_{hystory} = i_L(t-\Delta t) + \frac{\Delta t}{2L} v_L(t-\Delta t)$	$\mathbf{Req} = \frac{\Delta t}{2C}$ $I_{hystory} = -i_C(t-\Delta t) - \frac{2C}{\Delta t} v_C(t-\Delta t)$
Backward Euler	$\mathbf{Req} = \frac{L}{\Delta t}$ $I_{hystory} = i_L(t-\Delta t)$	$\mathbf{Req} = \frac{\Delta t}{C}$ $I_{hystory} = -v_C(t-\Delta t)$
Gear	$\mathbf{Req} = \frac{3L}{2\Delta t}$ $I_{hystory} = \frac{4}{3} i_L(t-\Delta t) + \frac{1}{3} i_L(t-2\Delta t)$	$\mathbf{Req} = \frac{3\Delta t}{2C}$ $I_{hystory} = -\frac{2C}{\Delta t} v_C(t-\Delta t) - \frac{C}{2\Delta t} v_C(t-2\Delta t)$

No Quadro 1, os nós de entrada e saída do indutor ou capacitor são nomeados como *k* e *m*, respectivamente. Deste modo: v_L e v_C representam à diferença tensão v_k-v_m para um indutor ou capacitor, respectivamente; i_L e i_C são as correntes que vão do nó *k* para o nó *m*, no caso de um indutor ou capacitor, respectivamente.

2.2 Oscilações numéricas

As oscilações numéricas consistem em um problema de estabilidade relacionado com o método de integração adotado para realizar uma simulação. Especificamente, consiste na oscilação de certas variáveis do circuito (tensões ou correntes) em função do tempo e em torno do valor correto, de forma tal que a média em cada dois pontos é a resposta correta (Ferreira et al., 2015). Estas oscilações causam prejuízos na hora de interpretar os resultados de uma simulação. As oscilações numéricas são comuns em simuladores baseados na regra de integração trapezoidal, e aparecem especialmente no programa ATP-EMTP. Para exemplificar o problema da oscilação numérica, na Tab. 1 serão mostrados os valores obtidos em cada passo de integração durante a simulação do circuito apresentado na Fig. 2, utilizando o método de integração trapezoidal e o método de integração Backwar Euler (Ferreira, et. al, 2015)

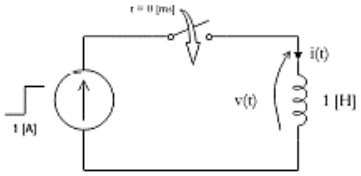


Figura 2. Análise de tensão e corrente no indutor, Fonte: FERREIRA, et al. 2015.

Tabela 1. Passos de integração e suas respectivas respostas (FERREIRA, et al. 2015).

t	Trapezoidal			Backward Euler	
	i_L	$I_{history}$	v_L	$I_{history}$	v_L
0	0	0	0	0	0
1 Δt	1	0	2L/Δt	0	L/Δt
2 Δt	1	-2	-2L/Δt	-1	0
3 Δt	1	0	2L/Δt	-1	0
4 Δt	1	-2	-2L/Δt	-1	0
5 Δt	1	0	2L/Δt	-1	0

A partir dos dados apresentados na Tab. 1, é possível ver que ao fechar um interruptor sobre uma indutância, a tensão resultante ao usar o método de integração trapezoidal oscila em torno a zero. Por outro lado, o uso do método de integração de Backward Euler resulta em nenhuma ocorrência de oscilações numéricas. Contudo, o método de integração trapezoidal foi sempre preferido por apresentar maior precisão quando comparado com o método Backward Euler (Lin e Martí, 1990; ATPCanadian Users Group, 1998).

Para lidar com as oscilações numéricas, o *software* LTspice oferece a possibilidade de escolher os métodos de integração trapezoidal, Gear e o trapezoidal modificado. Este último método foi criado por um dos desenvolvedores do LTspice e consiste na escolha mais adequada e recomendada para todas as situações (ENGELHARDT, 2015). Segundo Engelhardt (2015), criador do método trapezoidal modificado do LTspice, o método apresenta uma grande vantagem em comparação com o método de Gear utilizado por uma conhecida versão comercial do SPICE, o PSpice. No PSpice, certos circuitos podem apresentar um comportamento estável nas simulações, mas instáveis quando implementados na vida real. Isto acontece porque o método utilizado pelo PSpice amortece as oscilações reais junto com as oscilações numéricas, dando lugar à possibilidade de fabricar um protótipo que não funciona e acabando em perdas de tempo e recursos.

3. MODELAGEM DE COMPONENTES NO LTSPICE

O LTspice é uma interface que executa o SPICE através de arquivos de entradas denominados *netlist*. Uma *netlist* é um arquivo que descreve a conectividade de um circuito elétrico, consistindo em uma lista dos componentes que formam o circuito junto com uma lista dos nós aos quais estes estão conectados. Deste modo, toda *netlist* deverá ser escrita seguindo um determinado padrão.

A plataforma LTspice gera e trabalha com arquivos específicos para cada fim, por exemplo, um arquivo para armazenar o esquema gráfico do circuito, outro para armazenar a *netlist*, outro para armazenar os resultados de uma simulação, etc. Deste modo, é possível encontrar os seguintes tipos de arquivos no LTspice, cujas extensões e significados são os seguintes:

- *.asc: são arquivos que contêm o desenho gráfico do circuito;
- *.net: é a netlist gerada a partir do .asc;
- *.sub: subcircuito;
- *.lib: bibliotecas contendo dois ou mais subcircuito;
- *.asy: símbolos.

Em geral, o usuário gera um arquivo *.asc mediante o desenho de um circuito elétrico e todos os outros arquivos listados acima são gerados automaticamente pelo LTspice, a partir do *.asc.

No LTspice, é possível gerar componentes definidos pelos usuários mediante as interconexões de elementos já prontos dentro do *software*. Estes componentes são também denominados como subcircuitos e os mesmos podem ser gerados de duas formas diferentes, uma abordagem gráfica e outra por linhas de texto.

3.1 Abordagem gráfica

A abordagem gráfica consiste em criar um subcircuito mediante a interface gráfica do LTspice, criando um arquivo *.asc e logo compactar o mesmo dentro de um bloco que será o subcircuito. Os passos para criar um modelo mediante este método são os seguintes:

- Criar uma pasta e trabalhar sempre dentro da mesma com o LTspice;
- Criar um circuito *.asc e nomear segundo o nome do subcircuito que será realizado;
- Criar o subcircuito no *. asc e nomear os pinos de entrada e de saída usando Edit➔Label Net ;
- Criar um símbolo, com o mesmo nome que o *.asc do subcircuito, o qual terá a extensão .asy. Isto é feito usando Hierarchy➔Create a New Symbol;
- Na tela para a criação do arquivo *.asy, ir a Edit➔Add Pin\Port e definir os pinos que serão entradas e saídas, nomeando-os segundo as entradas e saídas utilizadas no *.asc;
- Na tela para a criação do arquivo *.asy, ir em Edit➔Atributes➔Edit Atributes e colocar o nome do *.asc (sem a extensão) nas caixas value ou value2;
- Na tela para a criação do arquivo *.asy, ir em Edit➔Atributes➔Edit Atributes e na caixa spiceline colocar os parâmetros que serão padrão na criação das instâncias do subcircuito. Por exemplo, no modelo de uma fonte trifásica pode ser colocado: f=60 vfas=100; isto significa que cada instância da fonte criada começará uma frequência de 60 Hz e uma tensão de fase de 100 V. As variáveis f e vfas devem ser colocadas entre chaves nos respectivos lugares do subcircuito *.asc. Para exte exemplo, seria escrito {f} na caixa Freq[Hz] do modelo de fonte e {vfas} na caixa Amplitude[V].

3.2 Abordagem por linhas de texto

Esta abordagem é mais complexa em comparação com a abordagem gráfica, pois é necessário a compreensão da linguagem de programação da *netlist* do SPICE. Nesta linguagem são utilizados caracteres especiais para definir cada tipo de elemento de circuito, como por exemplo a seguinte linha: Rnome Nó (+) Nó (-). A letra R indica que o elemento a ser modelado é uma resistência; nome, é um nome arbitrário que o usuário deve dar para o elemento criado; Nó (+) significa o nó de entrada e Nó (-) significa o nó de saída. O usuário pode definir qualquer nome para estes nós e desta forma construir uma rede mediante a interconexão de elementos em cada nó. Além disso, dependendo do elemento a ser

criado, é possível colocar mais atributos para a modelagem, respeitando a linguagem de programação que o *software* compreende. Os passos para criar subcircuitos mediante este método são listados nos seguintes itens:

- Criar um arquivo de texto com o código do subcircuito na linguagem própria da *netlist* do SPICE, dando os nomes desejados para os pinos de entrada e saída. Salienta-se que neste caso, a *netlist* deve começar com a palavra SUBCKT seguida de outro nome que servirá como identificação do modelo. Este arquivo deve ser salvo com a extensão .lib;
- Dentro do LTspice, ir em Hierarchy➔Create a New Symbol e criar o símbolo para o subcircuito. Este pode ser salvo com qualquer nome (pode ser diferente ao .lib), o símbolo tem extensão .asy. Deverão ser definidos os pinos de entrada e saída da mesma forma explicada na abordagem gráfica;
- No arquivo de símbolo *.asy, entrar em Edit➔Atributes➔Edit Atributas: na caixa Model File colocar o nome do arquivo *.lib e na caixa Spice Model colocar o nome escrito depois do comando SUBCKT que aparece no *.lib;
- Deixando o *.lib e *.asy na mesma pasta do projeto, é possível utilizar o componente criado em qualquer *.asc criado dentro dessa mesma pasta.

4. ESTUDO DE CASO

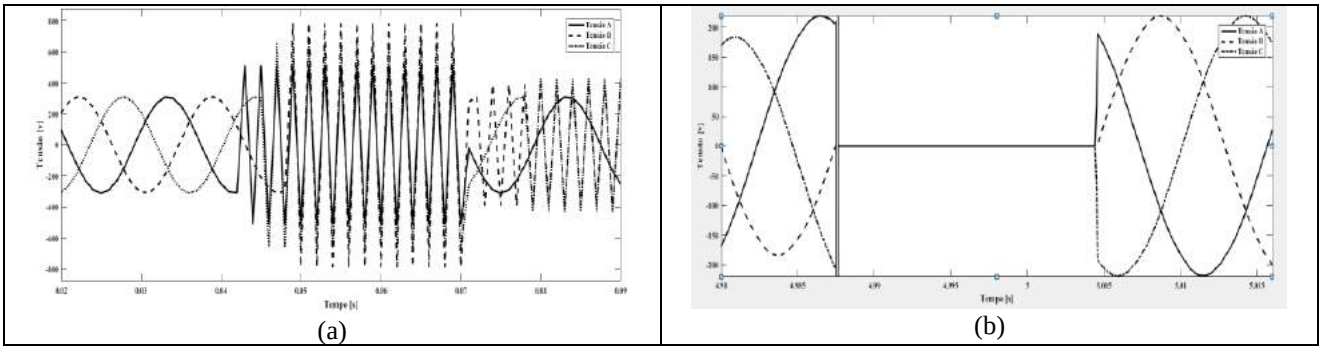
Neste este trabalho foi modelado o mesmo circuito utilizando o *software* ATP-EMTP e o *software* LTspice, o qual consiste em uma fonte trifásica, um interruptor trifásico e um indutor conectado a cada fase. A abertura e/ou fechamento de um interruptor em um circuito indutivo é uma situação típica para a aparição de oscilações numéricas quando o método de integração trapezoidal é utilizado. As respostas finais produzidas pelo ATP-EMTP e o LTspice serão comparadas. O *software* LTspice não possui modelos de componentes trifásicos, motivo pelo qual estes foram modelados utilizando a abordagem gráfica. Especificamente, para este trabalho foi desenvolvido um modelo de fonte trifásica e um modelo de interruptor trifásico.

4.1 Resultados utilizando o ATP-EMTP

A Figura 3a mostra o resultado da simulação no ATP-EMTP, apresentando a tensão sobre os indutores em função do tempo. Foi simulada a abertura do interruptor trifásico em 0,041 s e o seu posterior fechamento em 0,07 s. Claramente, é possível ver as oscilações numéricas produzidas pelo método de integração trapezoidal com passos fixos de integração. Esta forma de onda dificulta a visualização da resposta final e ao mesmo tempo pode induzir erros graves quando, por exemplo, deseja-se avaliar o funcionamento de algum algoritmo baseado nas formas de onda simuladas.

4.2 Resultados usando o LTSpice

A Figura 3b mostra o resultado da simulação no LTspice, apresentando a tensão sobre os indutores em função do tempo. Foi simulada a abertura do interruptor trifásico em 4,987 s e o seu posterior fechamento em 5,004 s. Neste caso é possível visualizar que a tensão sobre o indutor é nula durante o tempo em que o interruptor está aberto e retorna aos valores normais depois do fechamento. As oscilações numéricas já não aparecem na simulação do LTspice, pois o mesmo utiliza métodos de solução mais sofisticados que o ATP-EMTP. Em geral, o LTspice utilizada passos de integração variáveis, o que permite eliminar automaticamente todo tipo de oscilação numérica.



(a) (b)

Figura 3. Tensão nos indutores de cada fase em função do tempo: a) ATP-EMTP; b) LTspice.

5. CONCLUSÕES

Na prática, a simulação numérica permite a avaliação do sistema sem a construção de um modelo físico, sendo uma forma viável e confiável para monitorar, conhecer e controlar os SEP implementados. A maioria dos *softwares* desenvolvidos para simulação de SEP são comerciais e as suas respectivas licenças são de custo elevado. No entanto, a

partir dos anos 1980 existe o ATP-EMTP, uma ferramenta específica para simulação de SEP trifásicos e de licença gratuita, mas tendo como principal limitação a possibilidade de utilizar apenas o método de integração trapezoidal com passos fixos para realizar as simulações dos circuitos. Quando é necessário simular chaveamento sobre indutores e capacitores, o método trapezoidal utilizado pelo ATP-EMTP produz oscilações numéricas que prejudicam a simulação.

Por outro lado, o SPICE é um programa gratuito para simulação de circuitos elétricos que permite escolher métodos de integração diferentes, os quais não produzem oscilações numéricas nas mesmas condições do ATP-EMTP. No entanto, o SPICE foi desenvolvido para simulações na área da eletrônica, não oferecendo modelos prontos para a simulação de SEP. A versão LTspice do SPICE mostra-se versátil, possuindo uma interface gráfica amigável, sendo possível trabalhar com uma linguagem mais moderna que no ATP-EMTP. Ainda, o LTspice permite criar modelos de componentes personalizados, característica que foi utilizada neste trabalho para criar uma fonte trifásica equilibrada e um interruptor trifásico controlado por tempo.

Um circuito onde são realizados chaveamentos sobre indutores foi simulado utilizando o ATP-EMTP e o LTspice, permitindo desta forma a comparação das tensões obtidas em função do tempo resultantes das simulações. A Figura 3a mostra que no ATP-EMTP foram produzidas oscilações numéricas a partir do momento em que o interruptor foi aberto, as quais continuam inclusive depois do fechamento do mesmo. A Figura 3b mostra o resultado da simulação feita com o LTspice, onde contrariamente ao resultado do ATP-EMTP, as tensões sobre os indutores são efetivamente zero quando o interruptor está aberto e retornam aos seus valores originais quando o interruptor é fechado, demonstrando a inexistência das oscilações numéricas.

O LTspice, além de evitar as oscilações numéricas, é um programa que possui modelos prontos de componentes eletrônicos comerciais. Devido a esta característica e à eliminação das oscilações numéricas, a criação de elementos trifásicos para modelar SEP no LTspice pode ser uma grande vantagem para o estudo e projeto de SEP em relação ao ATP-EMTP.

6. REFERÊNCIAS

ATP Canadian Users Group, 1998. “ATP Rule Book”. Can/Am EMTP User Group. [S.l.]: [s.n.].

ATP Canadian Users Group, 2017. 8 Agosto 2017. <http: //www.ece.mtu.edu/atp/>.

Dommel, H. W. "EMTP Theory Book", Vancouver: Department of Electrical Engineering. The University of British Columbia, Canada.: [s.n.], 1996.

Dommel, H. W., 1969. “Digital Computer Solution of Electromagnetic Transients in Single and Multiphase Networks”. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-88, No. 4; p. 388-399.

Engelhardt, M., 2015. “SPICE Differentiation”. *LT Journal of Analog Innovation*. Vol. 24, No. 4; p.10-16. < http://cds.linear.com/docs/en/lt-journal/LTJournal-V24N4-2015-01.pdf>.

Ferreira, et al., 2015. “Comparative Solutions of Numerical Oscillations in the Trapezoidal Method used by EMTP-based Programs”. In *Proceedings of the 12th Interntational Conference on Power System Transients – IPST 2015*. Cavtat, Croâcia.

Hay, S.; Ferguson, A., 2015. “A review of power system modelling plataforms and capabilites. Modelling Requirements for GB Power System Resilience during the transition to Low Carbon Energy”. *IET report for teh Council of Science and Technology*.

Hossain, M. A. et al., 2017. “DC-link voltage regulation of inverters to enhance microgrid stability during network contingencies”. *Electric Power System Research*, Vol. 147, p.233-244.

Lin, J.; Marti, R. J., 1990. "Implementation of the CDA procedure in the EMTP". *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol.5, No.2, pp.394,402.

Linear Technology, 2017. 10 Agosto. 2017 <http://www.linear.com>.

Nagel, Laurence W., 1975 “SPICE 2: a computer program to simulate semiconductor circuits”. EECS Department University of California, Berkeley Technical Report No. UCB/ERL M520 1975.

SPICE, 2017. “The SPICE page”. 10 Agosto. 2017 <https://bwrcs.eecs.berkeley.edu/Classes/IcBook/SPICE/>.

Watson, N.; Arrillaga, J. 2003. *Electromagnetic Transients Simulation*. IET, London.

Hayt, W. H. Jr.; Kemmerly, J. E.; Durbin, S. B., 2003. *Análise de Circuitos em Engenharia*. McGrau Hill/Bookman, Porto Alegre, 8ed edição.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

IDENTIFICAÇÃO DE UM MODELO CAIXA PRETA PARA BATERIAS ESTACIONÁRIAS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS

Leandro Benhur Klinger Fisch
Afonso Carlos Hinkel Júnior
Cícero José Matuella Moreira
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demoliner, Erechim, 99704-380.
leandrofisch1@gmail.com, hinkel.afonso@gmail.com, cicero.matematica@gmail.com

Resumo. Com a grande quantidade de locais remotos ou isolados que não possuem acesso a rede elétrica convencional, vem crescendo constantemente a implementação de sistemas fotovoltaicos autônomos. Tal crescimento ocorre devido a sua facilidade de geração de eletricidade, pois basta haver incidência solar que o sistema converte essa energia luminosa em energia elétrica. A característica principal deste sistema é a utilização de baterias ou banco de baterias para armazenamento de energia. Diante disso, este trabalho propõem a modelagem matemática do comportamento da descarga constante de uma bateria estacionária aplicada a sistemas fotovoltaicos. Para isto, aplicou-se a técnica de identificação de sistemas para modelar o Sistema, a qual é dividida em cinco etapas, testes dinâmicos e coletas de dados, escolha da representação matemática, determinação da estrutura do modelo, estimação de parâmetros e validação do modelo. O resultado obtido foi um modelo ARX(2,1,0) e seu erro máximo foi de 1,28% e um erro médio de 0,23%. Com isso, conclui-se que a identificação de sistemas é eficiente para determinar de forma coerente o comportamento de descarga da bateria estacionária, utilizando-se apenas dados de entrada e saída do sistema, sem precisar algum conhecimento prévio do sistema.

Palavra-chaves: *modelo ARX, modelagem matemática, bateria estacionária, Sistema fotovoltaico.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a energia elétrica é considerada como um elemento substancial das sociedades contemporâneas, assim como água fresca e ar limpo. Cerca de 1,5 bilhões de habitantes em todo o mundo, incluindo 5,5 milhões de pessoas na Ásia e União Europeia, não têm acesso a eletricidade, devido a maioria viver em pequenas aldeias remotas ou ilhas isoladas, longe da rede elétrica (Ma, Yang e Lu, 2013; Kaldellis, Koronakis, Kavadias, 2004). Com isso, para suprir a demanda energética destes locais, são utilizados normalmente geradores a diesel, porém seu uso é desfavorável devido ao elevado valor do diesel e das manutenções (Ghoddami, Delghavi, Yazdani, 2012). Outro fator agravante desta fonte energética é a contribuição com a emissão de dióxido de carbono (CO_2), ocasionando problemas como, mudanças climáticas, chuva ácida, aquecimento global e poluição do ar (Sampaio; Gonzaléz, 2017; Prehoda; Pearce, 2017).

Diante disso, algumas fontes alternativas vem sendo empregadas, por exemplo as energias renováveis, que auxiliam a reduzir a emissão de dióxido de carbono e suprir a demanda deste locais de difícil acesso (Oliva; Aziz; Hassanien, 2017). Dentre as fontes alternativas, destaca-se a energia fotovoltaica, pois além de ser renovável, a mesma é sustentável, uma vez que a energia fornecida pelo sol é convertida em energia elétrica pela célula fotovoltaica. Para estes locais, aplica-se os sistemas fotovoltaicos autônomos, que possui energia intermitente e exigem armazenamento de energia para equilibrar geração e demanda, uma vez que a geração fotovoltaica depende das condições climáticas do meio ambiente (Glavin; Hurley, 2012).

Tendo em vista essa nova tendência de geração de energia, é de suma importância investigar o comportamento dinâmico da bateria aplicada a sistemas fotovoltaicos. Neste caso, destaca-se a modelagem matemática como uma ferramenta de baixo custo e de fácil implementação, tendo como objetivo, prever seu comportamento de descarga, assim como sua vida útil.

Nos últimos anos, as principais metodologias aplicadas para modelar baterias foram métodos eletroquímicos, elétricos e empíricos. He et al (2013) utilizaram duas equações que regem o comportamento da descarga da bateria, uma para o momento linear e a outra para o momento não linear da curva. Brandoni et al (2015) aplicaram o modelo elétrico *Battery* para fazer a predição do tempo de vida de uma bateria de dispositivos móveis. Meireles, Sausen e Sausen (2016) utilizam um modelo hibrido, ou seja, juntam um modelo elétrico e um modelo analítico para descrever o tempo de vida de uma bateria de dispositivos móveis. Achaibou, Haddadi e Malek (2012) propõem o modelo CIEMAT, que é baseado nas equações de carga, descarga e sobre carga da bateria, para modelar o comportamento da bateria

conectada a sistemas fotovoltaicos. Nusawat, Adulkasem e Chantrapornchai (2014) utilizaram rede neural para predizer o comportamento de descarga da bateria de dispositivos móveis. Machado et al (2013) aplicaram um modelo autorregressivo de ordem dois para predizer o tempo de vida da uma bateria de dispositivo móvel.

Diferentemente dos modelos apresentados, os quais utilizam equações que regem o comportamento da bateria e de forma análoga a Machado et al (2013), porém aplicado a baterias de sistemas fotovoltaicos, este presente artigo propõem o uso da identificação de sistemas para modelar o comportamento da descarga de uma bateria estacionária.

2. METODOLOGIA

A modelagem matemática é a área do conhecimento que estuda maneiras de desenvolver e implementar modelos matemáticos que possam representar problemas de sistemas reais. Essas representações são modelos que possibilitam realizar análises e predições dos comportamentos de um sistema, sob condições adversas de funcionamento, assim como auxiliar nos ajustes de seu desempenho (Aguirre, 2004). As técnicas de modelagem matemática podem ser diferenciadas em três grupos. O primeiro grupo é a modelagem caixa branca, que é a modelagem pela física. Nesta técnica, obtém-se o modelo matemático por intermédio do conhecimento das leis e princípios físicos que regem o sistema (Aguirre, 2004).

O segundo grupo é denominado modelagem caixa preta ou identificação de sistemas. Nesta técnica, utiliza-se apenas dados de entrada e saída, sem haver a necessidade de conhecer o processo físico do sistema (Bedendo, Reimbold e Sausen, 2011). O terceiro grupo é chamado de modelagem caixa cinza. Esta é a combinação entre caixa preta e caixa branca, onde permite utilizar dados do sistema juntamente com equações que descrevem os processos físicos (Ljung, 1987). Diante disso, a metodologia utilizada neste estudo foi baseada nas cinco etapas da identificação de sistemas: Testes dinâmicos e coleta de dados; escolha da representação matemática; determinação da estrutura do modelo; estimação de parâmetros; validação do modelo; apresentadas por (Aguirre, 2004).

2.1 Testes dinâmicos e coleta de dados

A principal característica da identificação de sistemas é a capacidade em obter modelos matemáticos a partir de dados de entrada e saída do sistema. Desta forma, para obter os dados da curvas de descarga continua da bateria estacionária, utilizou-se dois *dataloggers* ET-2615A da marca Minipa, ajustados para coletar dados de tensão e corrente da bateria. Para realizar a descarga contínua da bateria utilizou-se uma associação mista de resistência para drenar a corrente igual à da máxima potência do módulo fotovoltaico.

2.2 Escolha da representação matemática

Nesta etapa, é realizada a escolha da representação matemática que será utilizada para modelar o sistema. A identificação de sistemas é dividida em três categorias, sendo elas conhecidas como métodos paramétricos, métodos não paramétricos e métodos no domínio da frequência (Ljung, 1987). Dentre os métodos paramétricos, destaca-se a classe de modelos autorregressivos. Esses modelos se ajustam os dados de uma série temporal, estacionária e univariada, com uma combinação linear de valores passados (Moreira et al, 2013). A estrutura abrangente dos modelos autorregressivos, é o ARIMAX (*AutoRegressive Integrated Moving Average Exogenous inputs*). A partir desta estrutura pode-se determinar casos particulares (Fig. 1).

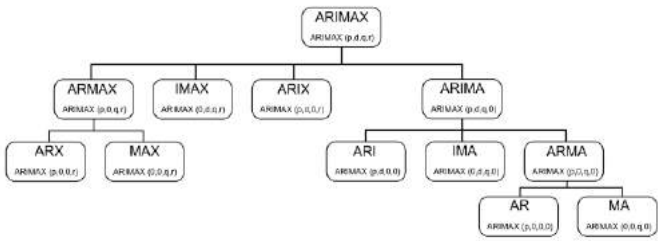


Figura 1. Estruturas dos modelos autorregressivos (Valer, 2016)

2.3 Determinação da estrutura do modelo

Com base nas estruturas de modelos apresentadas na Fig. 1 e devido a estacionariedade da curva de descarga, a estrutura escolhida foi o ARX (*Autorregrssive with Exogenous Input model*), por ser um modelo que descreve a saída atual do sistema em função de valores passados de saída e entrada. Esta estrutura é parcimoniosa, isto é, contém um

número pequeno de parâmetros além das previsões obtidas serem bastante precisas (Morettin e Toloi, 2006). A estrutura do modelo é definida por (1),

$$A(L)y(k) = B(L)u(k) + e(k) \quad (1)$$

onde *y(k)* é a saída estacionária do sistema, *u(k)* é a entrada do sistema, *e(k)* é o resíduo do modelo, *A(L)* e *B(L)* são polinômios de operadores de atraso de ordem *p* para a saída e ordem *r* para a entrada, representado na forma,

$$A(L) = 1 + a_1 L^{-1} + a_2 L^{-2} + \cdots + a_p L^{-p} \quad (2)$$

$$B(L) = b_1 L^{-1} + b_2 L^{-2} + \cdots + b_r L^{-r} \quad (3)$$

Sabendo que os modelos autorregressivos, são modelos de recorrência, onde para o cálculo do valor atual de saída do modelo, faz-se necessário conhecer alguns valores anteriores, assim denominados atrasos. Por este motivo é utilizado o operador de atraso *L*, que possibilita escrever equações a diferença de forma abreviada, facilitando a manipulação dos modelos autorregressivos. Os operadores de atraso são definidos da seguinte forma,

$$L^i y(k) = y(k - i) \quad (4)$$

2.4 Estimação de parâmetros

Sabe-se que a identificação de sistemas não utiliza equações que descrevem o comportamento da bateria estacionária. Entretanto, utilizam parâmetros baseados nos dados de entrada e saída que contenham seus comportamentos característicos. Logo, faz-se necessário usar métodos para a estimação de parâmetros. Na literatura, encontram-se diversos métodos, porém o método dos Mínimos Quadrados é um dos mais utilizados. A escolha deste método se justifica devido a facilidade de implementação e eficiência na estimação de parâmetros de sistemas lineares (Moreira; Reimbold; Sausen; Machado 2013) O método tem como objetivo, determinar os valores de a1, a2, b1 e b2, apresentados nas equações (2) e (3).

2.5 Validação do modelo

Por fim, é realizado a validação do modelo, que consiste em analisar o comportamento do modelo estimado, com relação ao sistema. Portanto, haverá três métodos utilizados para verificação dos modelos. Erro percentual absoluto (EPA):

$$EPA = \left| \frac{y(k) - \acute{y}(k)}{y(k)} \right| \cdot 100 \quad (5)$$

Onde *y(k)* é o dado obtido do *datasheet* no instante *k* e *ý(k)* é o dado estimado pelo modelo para o instante *k.* Erro percentual médio (EPM):

$$EPM = \frac{100}{n} \cdot \sum_{k=1}^{n} \left(\frac{y(k) - \acute{y}(k)}{y(k)} \right) \quad (6)$$

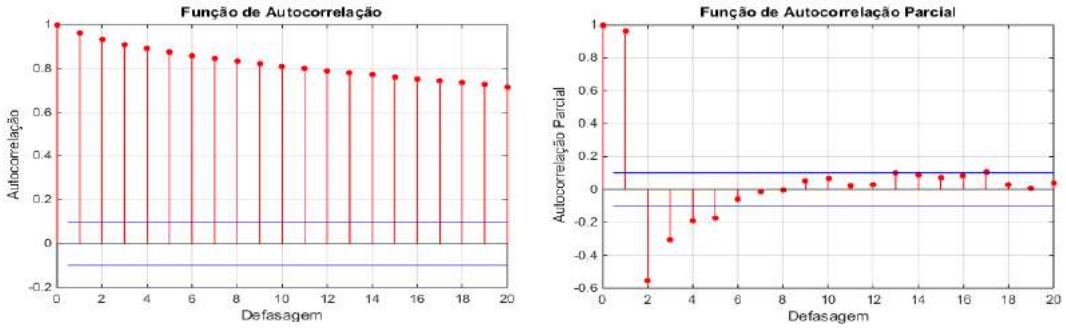
Neste método, é incluso *k* que é a quantidade de dados analisados no sistema. Logo, se o erro percentual médio for aproximadamente nulo, indica que o modelo apresenta um comportamento semelhante ao sistema. O terceiro é o método da raiz do erro quadrático médio (RMSE – *Root Mean Square Error*), onde indica o percentual de ajuste do dado modelo com relação aos dados do coletados da bateria.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados nesta seção foram obtidos para avaliar o desempenho do modelo proposto no artigo. As baterias possuem diversas grandezas que podem ser utilizadas como dados de entrada e saída para os modelos autorregressivos, tais como, tensão e corrente de carga ou descarga da bateria e temperatura da mesma. Com isso, para a modelagem do comportamento da descarga contínua da bateria estacionaria DF-500, definiu-se que os dados de entrada e saída do modelo são os valores de corrente e tensão coletados pelo *datalogger* ET-2615A da marca Minipa.

Por conseguinte, para escolha da estrutura do modelo, optou-se pelo modelo ARX, devido a coleta de dados ser dentro do laboratório em ambiente controlado, sem haver a necessidade de utilizar o modelo com média móvel,

ARMAX (*AutoRegressive with Moving Average and Exogenous Input*). A ordem do modelo utilizado, foi determinada por intermédio da análise da função de autocorrelação e autocorrelação parcial, mostradas nas Fig. 2 (a) e (b).



(a) (b)

Figura 2. (a) Função de autocorrelação; (b) autocorrelação parcial

Identifica-se que a função de autocorrelação em (a), decresce lentamente ficando distante da faixa de confiança (linhas azuis). Entretanto, este decréscimo é uma característica dos modelos autorregressivos. Na função de autocorrelação parcial em (b), tem cinco pulsos significativos, assim sugerindo um modelo de ordem 2 para os dados de saída. Pois quando existe 1 pulso significativo, ordem 1 e quando há mais de um pulso significativo, ordem 2. Para a entrada do modelo, usar-se-á ordem 1. Logo, se satisfaz um critério apresentado na literatura, o qual indica que os modelos autorregressivos com desempenho satisfatório utilizam poucos dados iniciais para realizar a modelagem. Diante disso, o modelo obtido foi um ARX(2,1,0), onde utiliza somente três dados iniciais para modelar o comportamento da descarga da bateria.

Após a estrutura do modelo ser definida, aplicou-se o método dos mínimos quadrados para encontrar os parâmetros do modelo, onde são apresentados pela equação (7).

$$y(k)\,1.5699859y(k-1) - 0.5960645y(k-2) + 0.0527775u(k-1) \tag{7}$$

Com o intuito de analisar graficamente o comportamento do modelo com relação aos dados do sistema, realizou-se a plotagem no *software* MatLab a qual é apresentada na Fig. 3.

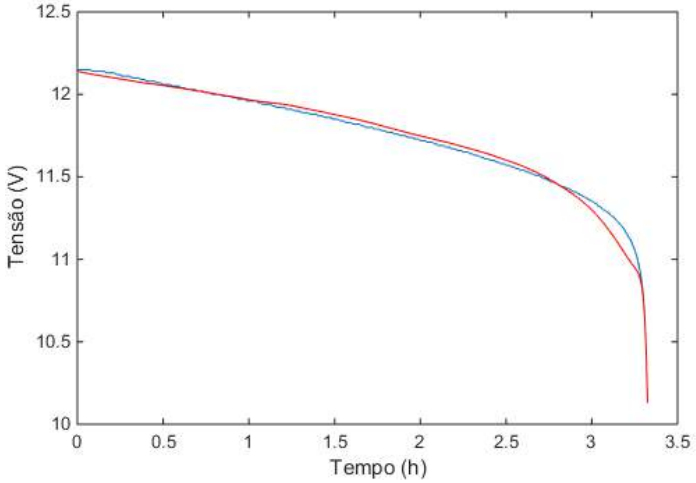


Figura 3. Comparação entre os modelos e dados reais

A curva em azul são os dados coletados pelo datalogger do sistema e a curva em vermelho são os dados obtidos pelo modelo ARX(2,1,0). A partir disso, verificou-se o desempenho do modelo, aplicando os métodos EPA, EPM e RMSE, citados na seção 2.5, apresentados na Tab. 1.

Tabela 1. Validação do modelo

Modelo	Validação do modelo		
	Erro médio	Erro máximo	Ajuste da Curva
ARX (2,1,0)	0,23%	1,28%	42,70%

Observa-se, que o erro máximo de 1,28%, apresentado na Tab. 1, foi no descarregamento brusco da bateria, ou seja, quando a bateria estava chegando ao nível de *cutoff*, entre 3 horas e 3 horas e 20 minutos. Este erro aconteceu, devido ao modelo se afastar ligeiramente dos dados reais neste instante. E ao verificar o comportamento do ARX(2,1,0), observa-se que apresentou um ajuste de curva de 42,70%. Entretanto, os erros máximo e médio, se apresentaram satisfatórios, assim validando o modelo.

4. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a técnica de identificação de sistemas para modelar o comportamento da descarga de uma bateria estacionária aplicada em sistemas fotovoltaicos. O modelo apresentado, não faz o uso de equações que regem o comportamento físico do sistema e utilizam somente dois valores iniciais de tensão como dados de saída e um valor de corrente como entrada do modelo. Os resultados mostram que o desempenho do modelo foi satisfatório, uma vez que descreveu de forma coerente a curva de descarga e apresentou um erro máximo de 1,28% e um erro médio de 0,23%.

5. REFERENCIAS

Achaibou, N., Haddadi, M. E Malek, A. “Modeling of lead acid batteries in PV systems”. Energy Procedia. 18:538-544, 2012.

Aguirre, L. A.. *Introdução a identificação de sistemas: técnicas lineares e não lineares aplicadas a sistemas reais*. 2 nd ed. Belo Horizonte: UFMG, 2004.

Bedendo, A. L., Reimbold, M. M. P. E Sausen, A. T. Z. R. “Modelo ARX de elastomassas MEMS, utilizando o método de discretização da invariância ao impulso. XVII EREMATSUL, 2011.

Brondani, M. F. et al. “Modelagem Matemática do Tempo de Vida de Baterias de Lítio Íon Polímero”. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics. vol. 1, 2015.

Ghoddami, H., Delghavi, M. B. E Yazdani, A. “An integrated wind-photovoltaic-battery system with reduced power-electronic interface and fast control for grid-tied and off-grid applications”. Renewable Energy. 45: 128-137, 2012.

Glavin, M. E. E Hurley, W. G. “Optimisation of a photovoltaic battery ultracapacitor hybrid energy storage system”. Solar Energy. 86: 3009-3020, 2012.

He, Z. et al. “A battery modeling method and its verification in discharge curves of lead-acid batteries”. IEEE, Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC). 401-405, 2013.

Kaldellis, J.K., Koronakis, P. E Kavadias, K. “Energy balance analysis of a stand-alone photovoltaic system, including variable system reliability impact”. Renewable Energy. 29: 1161-1180,

Ljung, L. *System Identification: Theory for the user*. Prentice-Hall, 1987

Ma, T. Yang, H. E Lu, L. “Performance Evaluation of a stand-alone photovoltaic system on an isolated island in Hong Kong”. Applied Energy. 112: 663-672, 2013.

Machado, M. V. et al. “Modelagem matemática da predição do tempo de vida de uma bateria utilizando a estrutura de modelo autorregressivo da teoria da identificação de sistemas”. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, vol. 1, 2013.

Meireles, L. F., Sausen, A. T. Z. R. E Sause, P. S. “Modelagem matemática do tempo de vida de baterias de lítio íon polímero para descargas constantes utilizando um modelo híbrido”. Salão do Conhecimento – XXI Jornada da Pesquisa, 2016.

Moreira, C. J. M., Reimbold, M. M. P., Sausen, A. T. Z. R. E Machado, M. V. “Identificação de modelo ARX sob critério PACF para desempenho comportamental de estuturas MEMS”. Proceeding series of the brazilian society of computational and applied mathematics. vol. 1, 2013

Morettin, P. A. E Toloi, C. M. C.. *Análise de séries temporais*. 2 nd ed. Edgard Blucher, 2006.

Nusawat, P., Adulkasem, S. E Chantrapornchai, C. Battery discharge rate prediction model for mobile
phone using data mining”. IEEE, Knowledge and Smart Technology (KST). 69-74, 2014.

Oliva D., Aziz, M. A. E Hassanien, A. E. “Parameter estimation of photovoltaic cells using an improved chaotic whale optimization algorithm”. Applied Energy. 200: 141-154, 2017.

Prehoda, E. W. E Pearce, J. M. “Potentinal lives saved by replacing coal with solar photovoltaic electricity production in the U.S.”. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 80: 710-715, 2017.

Sampaio, P. G. V. e González, M. O. A. “Photovoltaic solar energy: Conceptual framework”. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 74: 590-601, 2017.

Valer, L. A. Modelo matemático ARIMAX de um propulsor eletromecânico utilizado em naves do tipo multirrotor. 2016.111 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2016.

6. AGRADECIMENTO

Agradecemos a Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dessa pesquisa.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DE UM CONVERSOR ZETA COM CONTROLE MPPT APLICADO A CONTROLADORES DE CARGA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Leandro Benhur Klinger Fisch
Cícero José Matuella Moreira
Cassio Luciano Baratieri
Adilson Luis Stankiewicz
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Bairro Demoliner, Erechim, 99704-380.
leandrofisch1@gmail.com, adilsonluis@uricer.edu.br, cassio.baratieri@gmail.com

Resumo. Os painéis fotovoltaicos possuem um comportamento característico de saída não linear e apresentam apenas um ponto de máxima potência (MPP) de acordo com a carga instalada em seus terminais. Portanto, utiliza-se os circuitos rastreadores de máxima potência que permitem a operação dos painéis fotovoltaicos sempre no MPP, indiferente da temperatura e irradiação incidida. Diante disso, este trabalho dedica-se ao estudo de um conversor CC-CC Zeta para carregamento de baterias, com controle em malha fechada por meio do uso das técnicas de Rastreamento do Ponto de Máxima Potência (MPPT). Para isto, é realizado a análise do conversor Zeta em modo de condução continua e das técnicas de MPPT Perturba & Observa e Medição de Temperatura. Os resultados deste artigo são obtidos por meio de simulação utilizando o software PSIM, onde é feita a comparação do desempenho de cada técnica de MPPT aplicada ao conversor Zeta em sistemas fotovoltaicos.

Palavras-chave: *Bateria, módulo fotovoltaico, técnica de rastreamento do ponto de máxima potência, conversor Zeta*.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional e o desenvolvimento tecnológico, o século XX foi marcado pela utilização dos combustíveis fósseis como principal fonte de energia para impulsionar o aumento no padrão de vida na atualidade, os avanços tecnológicos e o desenvolvimento econômico (Sampaio; González, 2017). Segundo a Agência Internacional de Energia, entre o ano de 1973 e 2014 houve um aumento de 387,7% no consumo mundial de energia elétrica, onde no ano de 2015 era consumido cerca de 19,8 PWh (Peta Watts hora) de energia no mundo (IEA, 2016).

Com a utilização de tal matriz, pode emitir elevados niveis de dióxido de carbono (CO_2), assim ocasionando problemas ambientais como, mudanças climáticas, chuva ácida, aquecimento global e poluição do ar (Prehoda; Pearce, 2017). Diante disso, em diversos paises houve um aumento nas áreas de pesquisa envolvendo o uso de energia renováveis, com esforço em reduzir a emissão de (CO_2) (Oliva; Aziz; Hassnien, 2017). As fontes tradicionais tendem a ser substituídas por outras menos impactantes e neste sentido tem-se adotado políticas governamentais de forma a incentivar o uso destas energias alternativas, tais como a eólica e a fotovoltaica. Consequentemente, cada vez mais será comum o uso desta forma de geração de energia, tanto pelo fato da preservação do meio ambiente como pelo incentivo governamental (Stankiewicz, 2013).

Mesmo que a energia fotovoltaica ainda não apresente grande expressão no âmbito mundial, no ano de 2015 o total acumulado instalado alcançou a quantidade de 242 GW_P (ISE, 2015). A geração solar surge como uma alternativa atraente para substituir as fontes convencionais de energia, pois além dela ser alternativa e renovável, a mesma é sustentável, uma vez que a irradiação solar incidida é convertida em energia fotovoltaica. Porém, o custo de implementação do sistema ainda é relativamente alto, mas em locais com alta incidência solar torna-se atrativo o seu uso, no qual é o caso do Brasil que possui uma irradiação solar relativamente alta, na faixa de 8 a 22MJ (mega Joules) por metro quadrado (m^2) durante o dia (ANEEL, 2008). Contudo, tanta energia emitida acaba sendo desperdiçada devido baixa eficiência na conversão direta da energia solar em energia elétrica, segundo o Instituto Nacional de 14 Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) os painéis comerciais possuem uma eficiência na faixa de 12,5% a 16%. No qual se justifica por alguns fatores como, a limitação do material que constitui a célula fotovoltaica e o efeito da temperatura sob o painel, fazendo com que reduza a potência fornecida pelo sistema fotovoltaico (INMETRO, 2016).

Entretanto, a energia que provem dos painéis fotovoltaicos tem sido amplamente utilizada em pequenos sistemas isolados ou autônomos instalados em locais que dependem de geradores a diesel, pois não possuem rede de distribuição convencional e em regiões de difícil acesso (Villalva, 2014; Ghoddami; Delghavi; Yazdani, 2012). Com isso, para que possa fornecer energia aos sistemas isolados em períodos com pouca ou nenhuma irradiação ou até mesmo suprir uma queda de potência dos painéis fotovoltaicos, faz-se o uso de baterias para armazenar a energia gerada em excesso ou

toda energia gerada pelo painel fotovoltaico quando o sistema não possui demanda. Entretanto, devido ao comportamento não linear do módulo fotovoltaico, deve-se fazer a adequação de tensão para bateria. Com isso, utiliza-se conversores estáticos CC-CC, assim visando que o valor de tensão gerado pelo módulo seja contínuo. As topologias básicas de conversores utilizados são Buck, Boost e Buck-Boost, possui também a classe de conversores mais complexos como Sepic, Cúk e Zeta (Barbi; Martins, 2011). Outro fator importante é a eficiência do carregamento das baterias. Para que se possa aumentar a eficiência no carregamento da bateria, faz-se necessário operar no ponto de máxima potência do módulo fotovoltaico, para isso aplica-se técnicas de rastramento do ponto de máxima potência (MPPT) para retirar a máxima energia fornecida pelo sistema. Este trabalho se dedica a análise da topologia do conversor Zeta aplicado ao carregamento de baterias, sendo utilizado diferentes técnica de rastreamento do ponto de máxima potência, para fazer o controle em malha fechada do conversor.

2. ANÁLISE DO CONVERSOR ZETA

Esta seção apresenta as principais características do modo de operação condição contínua do conversor Zeta, mostrado na Figura 1.

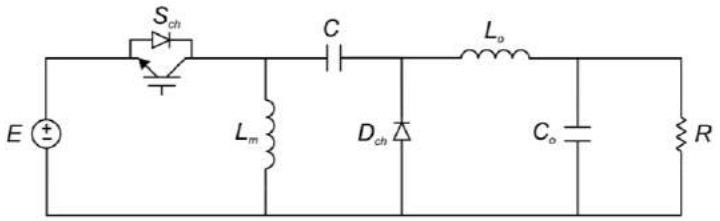


Figura 1. Estruturas do conversor estático Zeta

O conversor Zeta é uma estrutura de 4ª ordem, sendo que em relação a entrada de energia pode ser visto como um conversor Buck-Boost-Buck, pois utilizando o Buck-Boost como conversor e como carga um conversor Buck. Com relação a saída o conversor Zeta pode ser comparado com um conversor Boost-Buck-Boost, sendo tal característica igual à do conversor Sepic. Logo, o conversor Zeta também é conhecido como Dual-Sepic (Barbi; Martins, 2011). Arrabaça e Gimenez (2012) citam que o conversor Zeta é capaz de disponibilizar para a carga tensão maior, menor ou igual a tensão de entrada e sua topologia é apropriada a aplicações de correção de fator de potência. Mesmo que o conversor Zeta é largamente utilizado para correção de fator de potência e fontes chaveadas, algumas vantagens para aplicação como carregador de baterias são: Tensão de entrada com baixa ondulação; Corrente de saída com baixa ondulação; Não inversão da polarização da tensão de saída; Bom rendimento em maiores frequências, na faixa de 100kHz a 200kHz; Baixo tempo de estabilização a perturbação; (Martins; Abreu; Barbi, 1995; Parthsarathy; Udayakumar; Balasubramanian, 2016).

A seguir apresenta-se as duas etapas de operação do conversor Zeta em modo CCM. Para esta análise, deve-se considerar os seguintes pressupostos nos períodos de comutação: O conversor opera em estado estacionário; A tensão de entrada é constante; O capacitor de saída C_o e o capacitor de acoplamento C são grandes o suficiente para assumir que a tensão V_o e V_c são constantes e sem ondulação; Todos os dispositivos semicondutores são ideais, isto é, livres de perdas;

2.1 Primeira etapa de operação

A primeira etapa de operação é demonstrada pela Figura 2. Durante esta etapa a chave S_{ch} está fechada, ou seja, conduzindo a corrente disponibilizada pela fonte E. O diodo D_{ch} encontra-se em estado bloqueado por causa da tensão reversa sobre ele igual á $-(V_o + E)$. A tensão nos indutores L_m e L_o é igual a fonte de entrada E, onde ambos recebem energia da fonte e do capacitor C respectivamente. As corrente IL_m e IL_o crescem linearmente na razão dada por E/L_m e E/L_o . Sendo assim, a corrente que circula pela chave I_{Sch} é igual a corrente de entrada I_E que é igual a soma das corrente IL_m e IL_o e também cresce linearmente na razão de E/L_{eq}, sendo $L_{eq} = (L_m \cdot L_o)/(L_m + L_o)$. Nesta etapa também ocorre a descarga do capacitor C e a carga do capacitor C_o, cuja suas tensões são igual a V_o.

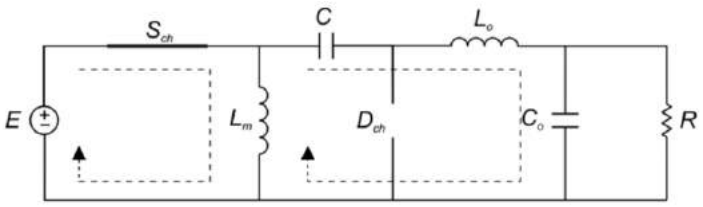


Figura 2. Primeira etapa de operação do conversor Zeta

2.2 Segunda etapa de operação

A segunda etapa de operação é demonstrada pela Figura 3. A segunda etapa inicia com a abertura da chave de potência Sch, assim impedindo a passagem de corrente disponibilizada pela fonte E. O diodo Dch entra em condução, fazendo com que as indutâncias Lm e Lo transfiram suas energias para os capacitores C e Co. A tensão nos indutores Lm e Lo passam a ser igual a $-Vo$ e, portanto suas corrente decrescem na razão dada por $-V\ o/Lm$ e $-V\ o/Lo$. Logo a corrente no diodo Dch é dada por $ILm + ILo$ e decresce linearmente na razão de $–Vo/Leq$. Durante esta etapa a tensão sobre Sch é igual a $E + Vo$.

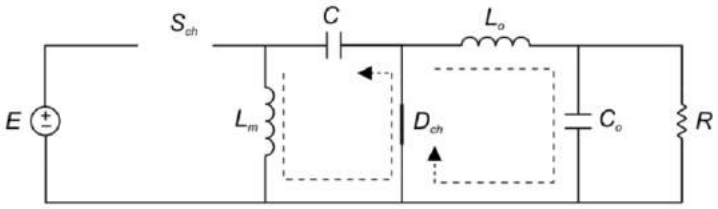


Figura 3. Segunda etapa de operação do conversor Zeta

3. TÉCNICAS DE RASTREAMENTO DE MÁXIMA POTÊNCIA

Apenas um sistema altamente eficiente não é suficiente para obter a máxima potência do Sistema fotovoltaico, pois a corrente e tensão geradas dependem da radiação solar e da temperatura (Pedrollo; dos Reis; de Faria; Viero; Levin; de Lima; dos Reis, 2012). Diante disso, faz-se necessário algoritmos que rastreie o ponto de máxima potência (MPPT). Na literatura encontra-se aproximadamente 40 métodos de MPPT (Verna; Nema; Shandilya; Dash, 2016). Entretanto, as técnicas mais comuns aplicadas são: Tensão e corrente constante, Perturba e Observa (P&O), Temperatura (Temp), Condutância incremental (InCond) e Lógica Fuzzy (Bhatnagar; Nema, 2013). Por conseguinte, apresenta-se as características dos métodos P&O e Temp. aplicados neste artigo.

3.1 Temperatura

Este método abrange duas características de dois outros métodos de MPPT. Tal método abrange a característica de impor a tensão fixa nos terminais do módulo fotovoltaico do método Tensão Constante e a variação da tensão do sistema fotovoltaico em busca do ponto de máxima potência do método Condutância Incremental. No método Mediação de Temperatura utiliza-se um sensor de tensão e um sensor de temperatura. O método busca a tensão de máxima potência ($V\ mp$) baseando-se que a tensão de saída se relaciona proporcionalmente com a temperatura do painel expressada pela Equação (1). O fluxograma básico do método Temp. é apresentado pela Figura 4 (a).

$$V_{mp}(T_p) = V_{mp}(T_{STC}) + u_{Vmp}(T_p - T_{STC}) \quad (1)$$

3.2 Perturba e Observa

O método Perturba e Observa é vastamente abordado na literatura, sendo um dos primeiros a utilizar tensão e corrente para técnicas de rastreamento de máxima potência (KAHOUL, 2015). O método P&O apresenta alguns fatores de cuidado como perturbação ΔD, pois como o método não opera exatamente no MPP e sim em torno dele, a perturbação deve ser ajustada a ponto de que o método seja eficaz e sem grandes variações. Seu funcionamento básico é perturbar o *duty cicle* e observar o efeito com relação a potência de saída. Se a potência aumentou, o método continua na mesma direção, caso contrário o método muda de direção, assim buscando o MPP. Na Figura 4b apresenta-se o fluxograma do P&O.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados nesta seção foram obtidos para avaliar o desempenho dos métodos Temp. e P&O aplicados ao conversor Zeta em sistemas fotovoltaicos com armazenamento de energia. A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros do conversor.

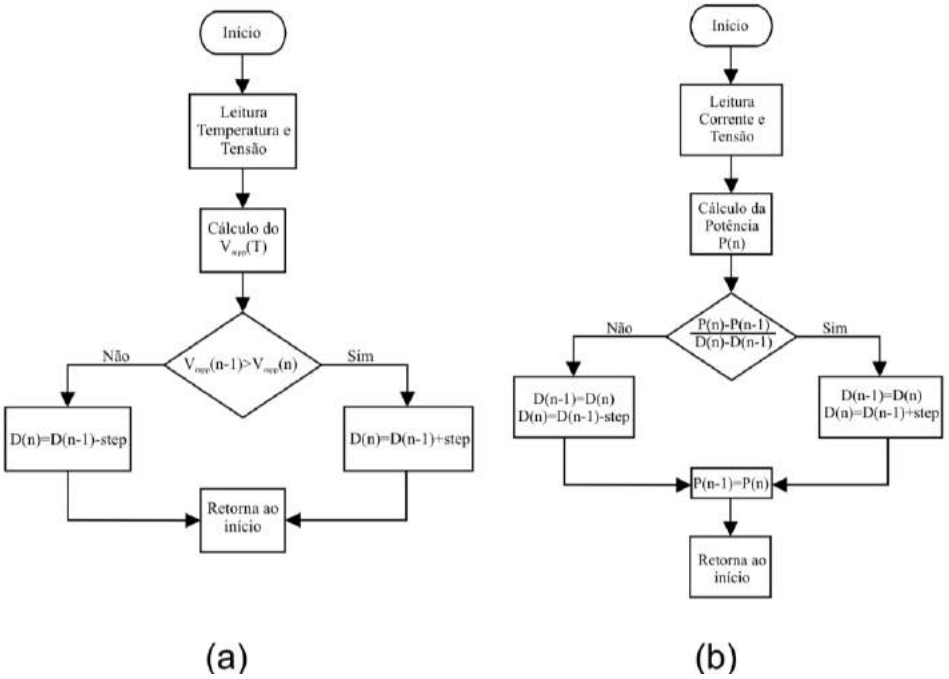


Figura 4. Fluxograma das técnicas MPPT. (a) Temperatura e (b) Perturba e Observa

Tabela 1. Validação do modelo

Parâmetros	Valores
Potência máxima de entrada	140 W
Tensão máxima de entrada	17,7 V
Corrente máxima de entrada	7,91 A
Tensão máxima de saída	12 V
Frequência de chaveamento	100 kHz
Ondulação corrente no indutor de saída	5%
Ondulação tensão no capacitor de saída	1%
Ondulação corrente no indutor de magnetização	5%
Ondulação tensão no capacitor de acoplamento	5%

Para a validação e comparação do desempenho das técnicas de MPPT será analisado três tipos de entradas variadas no módulo fotovoltaico: variação da irradiação na forma de degrau, variação da temperatura na forma de degrau e variação de irradiação e temperatura na forma de rampa simultâneas defasadas. A Figura 5 apresenta o circuito utilizado no *software* PSIM para a simulação do conversor Zeta juntamente com as técnicas de MPPT.

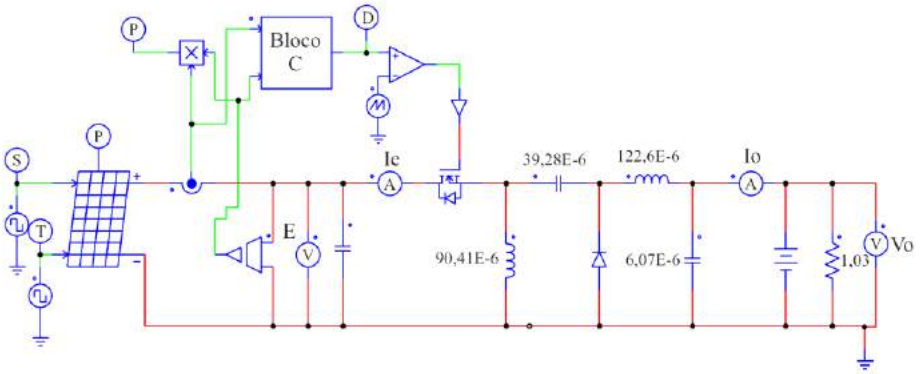


Figura 5. Circuito de simulação das técnicas MPPT

4.1 Degraus de irradiação no módulo fotovoltaico

Primeiramente para validar os dois métodos, aplicou-se degraus de irradiação na entrada do módulo fotovoltaico variando de 800 a 1000 W/m^2 variando em uma frequência de 10 Hz e com a temperatura de entrada fixa em 25 ºC. Na Figura 6a apresenta-se a comparação entre as duas técnicas e a potência ideal do painel fotovoltaico.

4.2 Degraus de temperatura no módulo fotovoltaico

Na Figura 6b, apresenta-se a comparação das duas técnicas MPPT com relação a potência máxima do painel fotovoltaico, quando aplica-se degraus de temperatura de 25 a 50 ºC variando a uma frequência de 10 Hz e com uma irradiação de entrada fixa em 1000 W/m^2.

4.3 Rampas de irradiação e temperatura no módulo fotovoltaico

Na Figura 6c, ilustra-se a simulação dos dois métodos com relação a potência máxima do painel, quando submetidos a rampas simultâneas de irradiação de 800 a 1000 W/m^2 e temperatura de 25 a 50 ºC, sendo que a temperatura é defasada 90° da irradiação e ambas variam a uma frequência de 10 Hz.

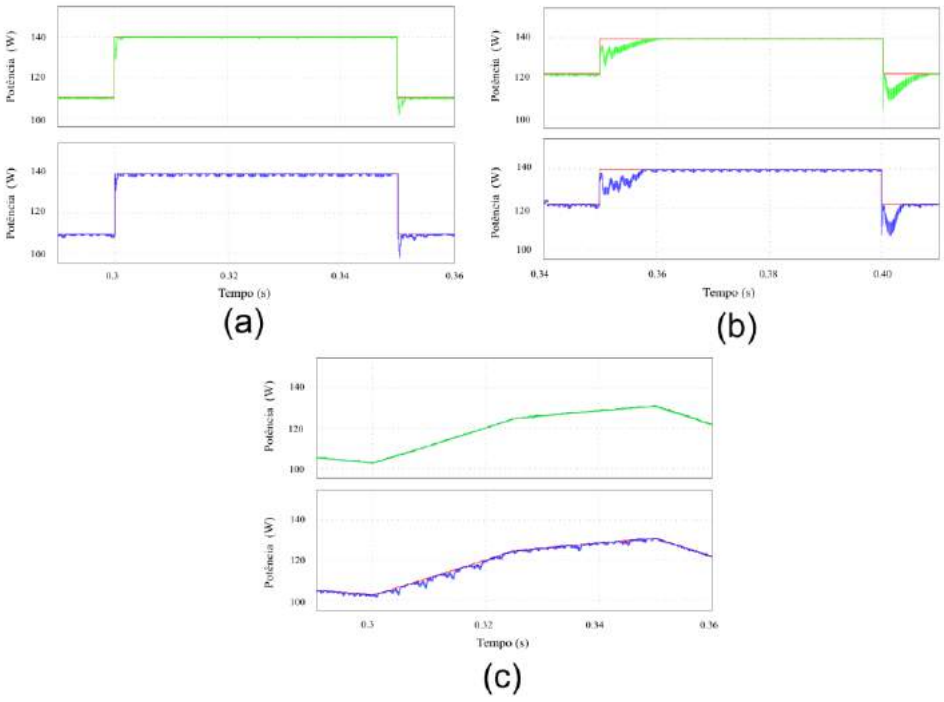


Figura 6. (a) degraus de irradiação, (b) degraus de temperatura e (c) rampas de irradiação e temperatura

Após isso, para comparar a eficiência entre os dois métodos, analisa-se os seguintes critérios: *tracking factor (TF)*, tempo para atingir o regime permanente e ondulação de potência. A Tabela 2 apresenta os resultados de cada método.

Por intermédio da Tabela 2, é possível avaliar de diversas formas ambas as técnicas aplicadas. Observa-se que o método Temp. apresentou melhor TF e menor ondulação de potência com relação ao P&O. Entretanto, o P&O leva menos tempo para atingir o MPP, porém sua ondulação é maior, assim como explanado anteriormente, que o método sempre fica entorno do MPP, devido a isso, apresentando um TF menor com relação ao Temp.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o projeto e simulação de um conversor estático Zeta aplicado a sistemas fotovoltaicos com armazenamento de energia, onde analisou-se a eficiência de dois métodos MPPT, utilizados para o controle do conversor. O resultado mostra que ambos os métodos são eficazes, entretanto, o método Temp. apresentou ser ligeiramente melhor sendo aplicado ao conversor Zeta.

Tabela 2. Performance das técnicas de MPPT

Critério	Método	
	P&O	**TEMP**
Tracking Factor – Degrau de Irradiação	99,66%	99,84%
Tracking Factor – Degrau de Temperatura	99,26%	99,32%
Tracking Factor – Rampas de Irradiação e Temperatura	99,69%	99,93%
Tempo de subida – Degrau de Irradiação	0,58 ms	0,67 ms
Tempo de subida – Degrau de Temperatura	8,03 ms	10,05 ms
Tempo de descida – Degrau de Irradiação	1,3 ms	1,43 ms
Tempo de descida – Degrau de Temperatura	3,92 ms	7,42 ms
Ondulação de potência – Degrau de Irradiação 1000W/m² e 25ºC	1,18%	0,34%
Ondulação de potência – Degrau de Irradiação 800W/m² e 25ºC	2,3%	0,57%
Ondulação de potência – Degrau de Temperatura 1000W/m² e 50ºC	1,05%	0,3%
Ondulação de potência – Rampas de Irradiação e Temperatura	3,29%	2,44 %

6. REFERENCIAS

ANEEL. Atlas de energia elétrica do Brasil. 3. ed. Brasília, 2008. 236 p.

ARRABAÇA, D. A., GIMENEZ, S. P. Conversores de Energia Elétrica CC/CC para aplicações em Eletrônica de Potência: conceitos, metodologia de análise e simulação. 1ª edição. São Paulo: Editora Érica,

BARBI, I.; MARTINS, D. C. Eletrônica de Potência: Conversores CC-CC Básicos Não Isolados. 4. ed. Florianópolis: Editora dos autores, 2011.

Deepak Verma, Savita Nema, A. M. Shandilya, and Soubhagya K. Dash. Maximum power point tracking (MPPT) techniques: Recapitulation in solar photovoltaic systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54:1018–1034, 2016.

Fraunhofer Institute of Solar Energy Systems. Photovoltaics report. Technical Report November, Fraunhofer Institute for Solar Systems Energy, Freiburg, 2016.

GHODDAMI, H., DELGHAVI, M. B. e YAZDANI, A. "An integrated wind-photovoltaic-battery system with reduced power-electronic interface and fast control for grid-tied and off-grid applications". Renewable Energy. 45: 128-137, 2012.

INMETRO. Instituto nacional de metrologia, qualidade e tecnologia. Tabela de eficiência energética : sistema de energia fotovoltaica -módulos - edição 05/2016, 2016. 22 p.

International Energy Agency. World Energy Statistics (2016 edition). Paris, France, 2016.

OLIVA D., AZIZ, M. A. e HASSANIEN, A. E. "Parameter estimation of photovoltaic cells using an improved chaotic whale optimization algorithm". Applied Energy. 200: 141-154, 2017.

PARTHSARATHY, H.; UDAYAKUMAR, L.; BALASUBRAMANIAN, G. Modeling and Simulation of PV Module and Zeta Converter. INTERNATIONAL CONFERENCE ON CIRCUIT, POWER AND COMPUTING TECHNOLOGIES, 2016, Artigo, ICCPCT, 2016.

Pallavee Bhatnagar and R. K. Nema. Maximum power point tracking control techniques: State-of-the-art in photovoltaic applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 23:224–241, 2013.

PEDROLLO, G. dos REIS, F. de FARIA, P. VIERO, R. C. LEVIN, de LIMA, J. C. M. e dos REIS, F. S. "MPPT Techniques Applied to the Control of a Module- Integrated Inverter Grid-Connected Based on Zeta Converter for PV Panels". International Conference on Industry Applications, INDUSCON, 2012.

PREHODA, E. W. e PEARCE, J. M. "Potentinal lives saved by replacing coal with solar photovoltaic electricity production in the U.S.". Renewable and Sustainable Energy Reviews. 80: 710-715, 2017.

SAMPAIO, P. G. V. e GONZÁLEZ, M. O. A. "Photovoltaic solar energy: Conceptual framework". Renewable and Sustainable Energy Reviews. 74: 590-601, 2017.

STANKIEWICZ, A. L. Estudo comparativo de técnicas de rastreamento de máxima potência para geração de energia solar fotovoltaica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Centro de Ciências Tecnológicas, Fundação Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2013.

VILLALVA, M.G e GAZOLI, J.R. Energia fotovoltaica: conceitos e aplicações. 1.ed. São Paulo: Érica, 2014.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

UMA PLATAFORMA DE COMUNICAÇÃO UNIVERSAL UTILIZANDO O PROTOCOLO ZIGBEE

Leonardo Becker da Luz
Samuel Zottis Dal Magro
Renato Weiller Dallagasperina
Willingthon Pavan
Carlos Amaral Hölbig
Universidade de Passo Fundo - BR 285 Km 292 - Campus I - Passo Fundo, RS - 99052-900 - Brasil
leobeckerdaluz@gmail.com, samueldalmagro@hotmail.com, renatoweiller@gmail.com, pavan@upf.br, holbig@upf.br

José Maurício Cunha Fernandes
Embrapa Trigo - BR 285 Km 294 - Passo Fundo, RS - 99050-970 - Brasil
mauricio.fernandes@embrapa.br

Resumo. *A baixa disponibilidade de módulos de comunicação que possibilitem a implementação transparente e confiável muitas vezes impede o rápido desenvolvimento de aplicações nessa área. Visando suprir essa lacuna, desenvolveu-se uma plataforma de hardware e software para a comunicação sem fio entre dispositivos, utilizando o protocolo Zigbee. Essa plataforma é composta por um módulo para curtas distâncias, de até 100 metros, e outro para aplicações onde a distância supere este valor. A plataforma visa facilitar o desenvolvimento de soluções para as mais diversas áreas, como redes de sensores sem fio (RSSF), coletores de dados e atuadores. Em muitas aplicações, redes de sensores sem fio são projetadas para funcionar em áreas remotas e em ambientes de difícil acesso. Diversas são as limitações e dificuldades, mas as principais são a fonte de alimentação e o alcance de comunicação. Para a validação da plataforma, ensaios foram feitos com os módulos para a verificação do consumo de energia, além da verificação da distância de transmissão de dados alcançada e da capacidade de formação de rede. Após a validação da plataforma, pôde-se concluir que o dispositivo apresenta características de baixo consumo de energia, baixo custo e alta confiabilidade na transmissão de dados e formação de rede.*

Palavras-chave: *Plataforma, Comunicação, Zigbee, Consumo, Rede.*

1. INTRODUÇÃO

Muitos estudos são desenvolvidos na área da eletrônica para a criação e aperfeiçoamento de componentes eletrônicos, principalmente os microprocessadores e microcontroladores. Nos últimos anos, esses componentes têm cada vez mais aumentado sua capacidade de processamento e de memória, reduzindo o consumo de energia e passado por um processo de miniaturização muito grande. Com isso, uma área que tem se destacado cada vez mais é a computação pervasiva. Dispositivos móveis já fazem parte do cotidiano das pessoas há diversos anos, porém, uma nova geração de dispositivos vem sendo desenvolvida, para que sejam embarcados em objetos comumente usados em nosso dia a dia. Essa nova geração está sendo chamada de Internet of Things (IoT), ou Internet das Coisas, e interliga estes objetos à rede, criando novas funções e características que auxiliam e automatizam tarefas cotidianas. Segundo Loureiro, (2003), isto representa uma nova revolução na vida das pessoas, pois além de todos estarem conectados, tudo estará conectado.

Atualmente, dispositivos móveis que fazem uso de tecnologias de redes sem fio com grandes taxas de transferência de dados são amplamente difundidos e utilizados. Podem ser citados como exemplo dessas redes sem fio o padrão Wireless Local Area Network (WLAN), IEEE 802.11 (a, b, e n) e as redes de transmissão de dados móveis 3G e 4G, as quais têm como principal diferença entre si a área de cobertura. O padrão IEEE 802.11 normalmente possui uma área de cobertura menor (em torno de 100m). Por outro lado, as tecnologias 3G e 4G cobrem áreas muito maiores. Essas duas tecnologias, apesar de serem imprescindíveis nos dias atuais, não podem ser utilizadas em qualquer tipo de aplicação. Em seu trabalho, Salomão propõe que o consumo de energia e sua complexidade de implementação são dois fatores impeditivos do seu uso em aplicações nas quais a fonte de energia e o poder computacional disponíveis são limitados. Para essas aplicações, foram desenvolvidos os padrões IEEE 802.15.4, pelo IEEE, e Zigbee, desenvolvido pela Zigbee

Alliance. Ambos os padrões constituem o protocolo de comunicação ZigBee. Esse protocolo é utilizado especificamente em aplicações onde os dispositivos dispõem de baixo poder computacional e fonte de energia limitada, geralmente fazendo uso de baterias. Recentemente, Santos (2013) propõe que isso faz com que os dispositivos que utilizam esses padrões possuam baixa taxa de transferência de dados.

Com um baixo poder computacional e fonte de energia limitada a baterias, as redes de sensores sem fio (RSSF) caracterizam-se por serem um tipo especial de rede sem fio no qual é possível a utilização de vários nodos equipados com diferentes tipos de sensores e atuadores. Além desses componentes, cada nodo é constituído por um microprocessador e um *transceiver* de comunicação sem fio. Esses nodos podem ser organizados com diferentes topologias de rede. Segundo Barros (2010), dependendo da aplicação, essas redes podem possuir uma série de limitações, tais como baixa capacidade de processamento, memória e restrições no consumo de energia. A limitação mais crítica é a restrição no consumo de energia. Normalmente, os nodos são estacionários e alimentados por baterias, que possuem capacidade limitada. Assim, Lazzarotto (2008) propõe em seu trabalho que, embora as posições dos nodos não mudem, a topologia de rede pode mudar dinamicamente devido ao gerenciamento de energia dos nodos sensores.

Alternativas são estudadas para que o consumo de energia possa ser reduzido. Dentre elas, estão o processamento local ao invés do centralizado em uma rede com múltiplos saltos e o desenvolvimento de protocolos com funcionalidades de roteamento que escolhe a melhor rota, reduzindo o consumo. Com isso, Teixeira (2006) afirma que é possível mapear o consumo de energia disponível em cada parte da rede, podendo auxiliar a prolongar o tempo de vida da rede por meio de protocolos com essa finalidade. Ao possuir sistemas de auto configuração e adaptação na ocorrência de falhas de comunicação na rede, as redes de sensores sem fio (RSSF) tornam isso o principal diferencial em relação às redes de computadores tradicionais. Devido a essas características, essas redes tendem a ser autônomas. Segundo Loureiro (2003), o envio e a recepção dos dados são descentralizados, sendo que qualquer nodo da rede pode assumir o papel de roteador. Pelas características apresentadas, Silva (2009) cita em seu trabalho que as RSSF são muito utilizadas em ambientes onde se deseja o monitoramento constante de variáveis físicas de forma autônoma e com pouca ou nenhuma interferência no meio monitorado. Do mesmo modo, as RSSF podem ser usadas também para o controle de atuadores. Assim, recentemente, Raber (2013) afirma que o uso desse tipo de rede não se limita a uma área de aplicação específica, podendo tais redes serem usadas em áreas que vão desde a medicina até a automação industrial.

Um fator que muitas vezes impede o rápido desenvolvimento de novas aplicações para a área de Internet das Coisas é a pouca disponibilidade de módulos de comunicação que possibilitem a implementação transparente, confiável e amigável. Visando suprir essa lacuna, Dallagasperina (2017) desenvolveu uma plataforma de hardware e software para a comunicação sem fio entre dispositivos, utilizando o protocolo Zigbee. Porém, é de fundamental importância o constante aperfeiçoamento desta plataforma. Neste sentido, novos estudos vêm sendo realizados para o desenvolvimento de novas funcionalidades, tais como: utilização da memória não volátil do dispositivo; possibilidade de remoção de nodos da rede; e roteamento automático de pacotes de dados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

No trabalho de Dallagasperina (2017), foram desenvolvidos dois módulos de hardware. O primeiro dispositivo visa, principalmente, atender aplicações onde o consumo de energia é um ponto crítico. Para alcançar este objetivo, o módulo desenvolvido não faz uso de nenhum tipo de sistema de amplificação, sendo seu alcance máximo de transmissão de aproximadamente 110 metros. O segundo módulo possui sistema de amplificação, o que aumenta o seu consumo de energia, mas também aumenta o seu alcance de transmissão, ultrapassando os 1000 metros. O diagrama de blocos que representa o sistema desenvolvido é mostrado na Figura 1. Os dois módulos projetados e montados são mostrados nas Figuras 2 e 3.

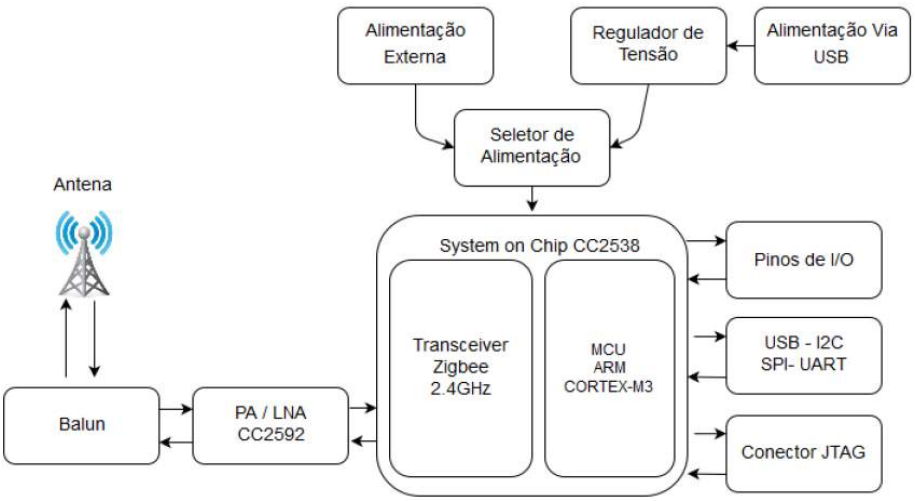


Figura 1. Diagrama em blocos, apresentando os dispositivos de entrada e saída, o sistema de alimentação e a etapa de RF do sistema proposto.

Figura 2. Módulo desenvolvido sem sistema de amplificação.

Figura 3. Módulo com sistema de amplificação.

O *Firmware* desenvolvido para os módulos foi baseado nas soluções fornecidas pela Texas Instruments, fabricante do microcontrolador utilizado (CC2538) em ambos os dispositivos. Estas ferramentas são a pilha de protocolos Zigbee, Z-Stack, e o Operational System Abstraction Layer (OSAL). Com base nestas duas ferramentas foi possível desenvolver uma RSSF para testar todos os componentes de hardware desenvolvidos e também as funcionalidades oferecidas pelo protocolo Zigbee.

Para formar a rede, foi necessário compilar e passar o código do *Coordinator* (coordenador da rede) e o do *End Device* (dispositivo final na rede) para dois dos dispositivos desenvolvidos por Dallagasperina (2017), utilizando a IDE IAR Embedded Workbench. O próximo passo foi estabelecer a conexão entre os dispositivos, sendo necessário fazer um *bind request*, enviado pelo *End Device* quando pressionado o botão *right* do dispositivo. O coordenador que estiver na mesma frequência da rede recebe o pedido, sendo aceito quando o botão right do mesmo for pressionado. Os pacotes de dados são recebidos pelo *Coordinator*. Assim, caso houver uma queda de energia todas as informações da rede serão perdidas e a conexão entre os dispositivos deve ser restabelecida.

Com isso, foi necessário aperfeiçoar a plataforma desenvolvida por Dallagasperina (2017) utilizando a memória não volátil para salvar as informações da rede. A ideia foi armazenar os dados da rede caso houvesse uma interrupção de energia, possibilitando assim a continuidade das informações da rede quando a energia fosse restabelecida.

Com a intenção de manter os dados da rede em cada dispositivo (*Coordinator, Router e End Device*), a implementação do armazenamento dos dados da rede foi feita por meio de uma diretiva de pré-processamento da biblioteca Z-Stack, chamada de NV_RESTORE. Para tornar possível a funcionalidade de salvar dados da rede, essa diretiva foi adicionada em todas as plataformas conectadas na rede, sendo a responsável por inicializar e preservar parâmetros da rede na memória não volátil do dispositivo.

Ao implementar a NV_RESTORE, houve um teste para desconectar apenas o *End Device* da rede. O objetivo foi observar se a conexão era restabelecida quando o dispositivo fosse conectado novamente na fonte de energia. A partir disso, a alimentação do módulo com a função *Coordinator* foi interrompida, anotando-se o endereço de rede. Os testes tiveram os resultados esperados, pois ao restabelecer a fonte de energia da placa, o dispositivo *End Device* retomou a conexão com o *Coordinator* automaticamente. Também, o coordenador da rede manteve o mesmo ID da rede, sem perder os dispositivos conectados a ele. Com isso, não tornou-se mais necessário que o usuário repita os processos de configuração inicial a cada inicialização da placa.

Após os dados de rede serem armazenados na memória não volátil, o próximo desafio consistiu na remoção segura de um dispositivo da rede. Desta forma, a função NLME_LeaveReq(), da biblioteca Z-Stack, permitiu que, quando

chamada, o dispositivo se desconecte da rede. Ao zerar os parâmetros recebidos pela função, as configurações de rede do dispositivo foram resetadas, fazendo com que o dispositivo se desconecte da rede em que está inserida. No entanto, há um parâmetro chamado *Rejoin*, que deve possuir o valor 1 para que esse dispositivo ingresse futuramente em alguma rede. Caso esse parâmetro possuir o valor 0, não será mais possível que, enquanto ligado, o dispositivo se conecte em outra rede.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste projeto, foram desenvolvidos dois dispositivos Zigbee de baixo custo, com consumo de energia reduzido e confiabilidade na transmissão de dados. Um deles utiliza somente o microcontrolador Wireless CC2538 e apresenta um bom alcance na transmissão de dados com um baixo consumo de energia. O outro dispositivo, além do microcontrolador CC2538, faz o uso de uma antena, o *range extender* CC2592, que amplifica a potência de sua saída, conseguindo um maior alcance na transmissão de dados. Porém, segundo Dallagasperina (2017), esse segundo módulo apresenta um consumo superior ao anterior aproximadamente cinco vezes maior quando em sua potência máxima. Utilizando a biblioteca *Z-Stack-Mesh*, foi possível desenvolver uma aplicação simples para o monitoramento da temperatura ambiente. Utilizando os módulos desenvolvidos neste projeto, juntamente com os módulos CC2538EMK e SMARTRF06EBK, da Texas Instruments, conseguiu-se implementar uma rede Zigbee com duas topologias diferentes, *star* e *mesh*. As bibliotecas disponibilizadas pela *Texas Instruments* mostraram-se robustas e, apesar de sua complexidade, foi possível o desenvolvimento de uma aplicação personalizada.

A implementação de desconexão de um dispositivo de uma rede trouxe o benefício de que os dados que estão dentro de um dispositivo fossem inalterados. Ao sair da rede, o módulo, que antes necessitava ser reinicializado, mantém dados e processamentos intactos, tornando nulas somente as configurações de sua rede. De acordo com Dallagasperina (2017), a existência de uma plataforma de apoio que permita a qualquer perfil de usuário desenvolver de uma forma fácil e rápida suas ideias torna-se um produto com grande potencial no mercado tecnológico.

Considerando uma comunicação confiável, a implementação de armazenamento de dados em memória não volátil é de extrema importância, mantendo a integridade dos dados e permitindo a reinicialização do dispositivo sem a perda da estrutura da rede. Ao deixar a rede, o módulo, que antes necessitava ser reprogramado, mantém os dados e as configurações da rede salvas em memória, fazendo com que o mesmo conecte-se automaticamente na rede ao restabelecer a alimentação.

Gravar os dados na memória não volátil da placa e recuperar os mesmos quando o dispositivo se inicializa também permite que o usuário defina um endereço para a rede no *Coordinator*. Ao criar a rede, os dispositivos ingressantes nela irão gravar o endereço dessa rede. Posto isso, em conexões futuras, um dispositivo ingressante somente irá se conectar na rede criada se ele possuir o endereço dessa rede gravado em memória. Sendo assim, os dispositivos saberão seu papel na rede e irão conectar-se uns aos outros automaticamente.

Com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se afirmar que a plataforma construída possibilita o desenvolvimento de aplicações nas mais diversas áreas, tais como uma rede de sensores sem fio (RSSF), que pode ser utilizada como fonte de informações em sistemas de tomada de decisão para aplicação de defensivos agrícolas. Por meio de sensores, cada nodo faz a coleta de dados, como temperatura ambiente e umidade, e envia essas informações periodicamente a um servidor, para que possam ser tratadas. Com a interpretação dos dados coletados na RSSF, pode-se decidir pela aplicação ou não de defensivos agrícolas, podendo, com isso, evitar o uso desnecessário desse tipo de material ou sinalizar a necessidade de uso, auxiliando no combate a doenças.

Assim, este trabalho apresenta como resultado uma plataforma de hardware que serve como base para o desenvolvimento de inúmeras aplicações, que necessitem de uma ou mais características apresentadas pelos módulos desenvolvidos. Também, recentemente, segundo Dallagasperina (2017), é possível afirmar que os dispositivos desenvolvidos possuem grande potencial de industrialização e comercialização.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível concluir que os dispositivos desenvolvidos apresentam baixo custo, baixo consumo de energia e confiabilidade na transmissão de dados sem fio, além da possibilidade de personalização do *firmware*, possibilitando sua utilização como uma plataforma universal de apoio ao desenvolvimento de novas aplicações.

5. REFERÊNCIAS

BARROS, M. F. de. 2010. Proposta de Interconexão do Padrão ISO 11783 com Redes de Sensores sem Fio Padrão Zigbee. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

DALLAGASPERINA, Renato Weiller. 2017. UMA PLATAFORMA DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DE REDES SEM FIO UTILIZANDO PROTOCOLO ZIGBEE. 39 f. TCC (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

LAZZAROTTO, P. 2008. Algoritmos de Roteamento Hierárquicos em Redes de Sensores Sem Fio Utilizando Algoritmos Evolutivos para Determinação de Cluster-Head's. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

LOUREIRO, A. A. F. et al. 2003. Redes de sensores sem fio. In: XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES. Natal: UFMG.

RABER, A. et al. 2013. Aplicação de redes de sensores sem fio (RSSF) na agricultura. Encontro Anual de Tecnologia da Informação – EATI, v. 3, n. 1, p. 261–265.

SALOMÃO, A. 2009. Desenvolvimento de um módulo Zigbee para o monitoramento Remoto do Consumo de Água em Instalações Prediais Aeroportuárias. Dissertação (Mestrado) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica–ITA, São José dos Campos, SP, Brasil.

SANTOS, E. L. F. dos. 2013. A IEEE 802.15.4 como plataforma de comunicação de dados. Revista Ilha Digital, v. 4, p. 97–105.

SILVA, M. A. M. da. 2009. Rede de Sensores para Aplicação em Agricultura: Um Estudo de Caso. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

TEIXEIRA, L. M. 2006. Desenvolvimento de uma Aplicação com o Protocolo Zigbee Aplicado em Instrumentação de Ensaio em Voo. Dissertação (Mestrado) — Instituto Tecnológico de Aeronáutica–ITA, São José dos Campos, SP, Brasil.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PROJETO E SIMULAÇÃO DE UM INVERSOR TRIFÁSICO

Maicon Luís Flach
Fernando Grassi
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus de Frederico Westphalen
flach.eng@hotmail.com; grassi.eng@hotmail.com

Resumo. *A constante evolução da eletrônica de potência vem, até nos dias atuais, revolucionando o conceito de controle de potência para conversão de energia e para acionamento de máquinas elétricas. Nos dias atuais, o motor CA, é, de longe, o mais usado no setor industrial. Desta forma, faz-se necessário ter uma gama muito elevada de equipamentos que realizem o controle e/ou o acionamentos destes motores. No que tange ao acionamento de máquinas CA, os dispositivos que mais destacam-se são os conversores chaveados ou inversores de potência, tornando-se assim, um dos equipamentos mais utilizados no setor industrial. Porém, vale ressaltar que, para realizar a conversão da energia é necessário que estes equipamentos sejam devidamente projetados. É nesse contexto que o trabalho aqui apresentado justifica-se, pois, destaca de forma sucinta cada etapa da conversão da energia bem como o projeto e os cálculos necessários para obtenção de todos os parâmetros. De forma similar, buscou-se enfatizar que, a partir de simulações computacionais, o sistema projetado implementa cada um dos requisitos corretamente.*

Palavras-chave: *Acionamento de Máquinas, Eletrônica de Potência, Inversor Trifásico.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a necessidade de aumento de produção, juntamente com a diminuição de custos são grandes desafios no desenvolvimento de uma vasta infinidade de equipamentos. Nesse contexto, um dos equipamentos muito utilizados no setor industrial é o inversor de frequência, um equipamento versátil e dinâmico. O inversor deve fornecer uma tensão (ou corrente) alternada, com frequência, forma e amplitude definidas por algum sistema de controle. Vale ressaltar que um inversor de frequência é um dispositivo capaz de gerar uma tensão trifásicas e frequência ajustáveis, com a finalidade de controlar a velocidade de motores de indução trifásico.

Desta forma, o aumento de produção e diversidade das cargas faz com que seja necessária uma vasta gama de sistemas eletrônicos para realizar o acionamento de maquinas. É nesse contexto que o trabalho aqui proposto justifica-se, apresentando os passos e o projeto de um inversor que alimentará uma máquina trifásica com potência de 3 kVA e fator de potência 0,7. Todavia, existem localidades do país em que a energia fornecida não é trifásica, sendo somente monofásica, como é o caso do sistema proposto, que é alimentado por uma rede monofásica de 220 Vrms e a carga está conectada em triângulo, necessitando de uma tensão de uma tensão de linha de 380 Vrms e uma THD (Distorção Harmônica Total, do Inglês, *Total Harmonic Distortion*) de corrente inferior a 10%. Para a realização deste projeto, faz-se necessário elevar a tensão, assim constitui-se de um sistema que será composto por um estágio intermediário formado por um conversor CC-CC elevador, o qual resultará em um barramento CC de 700 V. O desenvolvimento do projeto dar-se-á pelo seguimento do diagrama de blocos apresentado na Fig. 1.

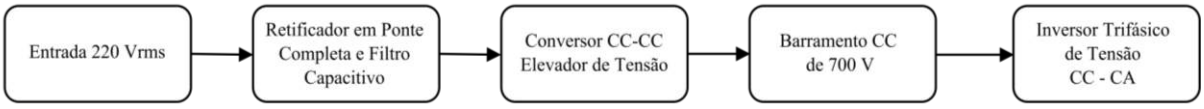


Figura 1 – Diagrama de Blocos do projeto proposto.

Hart (2012) salienta que os conversores CC-CC são circuito eletrônicos que convertem uma tensão CC para diferentes níveis de tensão CC fornecendo sempre uma saída regulada. Entretanto, a tensão na saída pode ser facilmente alterada ajustando-se o ciclo (razão cíclica) de trabalho, ou, mantida no nível projetado, através de um controle adequado. Utilizou-se dos valores da Tab. 1 para os critérios de projeto presentes neste trabalho.

Tabela 1 - Parâmetros do projeto

Alimentação V_i	220 V_{RMS}
Tensão do barramento *Vcc*	700 V_{CC}
Potência da carga *P*	3 kVA
Fator de Potência (FP)	0,7
THD	<10%
Tensão de linha na carga V_o	380 V_{RMS}

2. METODOLOGIA APLICADA

Uma etapa fundamental quando se utiliza conversores estáticos, é a transformação de níveis de tensão bem como da forma onda da tensão de entrada, ou seja, é necessário realizar adequações na tensão de entrada para que o sistema cumpra as devidas funções que fora destinado. Neste contexto, a primeira etapa a ser realizada é a retificação do sinal entrada. De forma sucinta, um retificador é um circuito que converte o sinal da alimentação alternada CA em um sinal unidirecional (contínuo), ou seja, é um conversor CA-CC. Os diodos de potência situados no circuito de entrada do inversor dispõem-se na configuração de uma ponte retificadora. A tensão CC resultante é filtrada pelo capacitor C, como é representado pela Fig. 2, esta tensão filtrada será utilizada posteriormente como entrada para a seção do circuito do conversor elevador de tensão (*boost*).

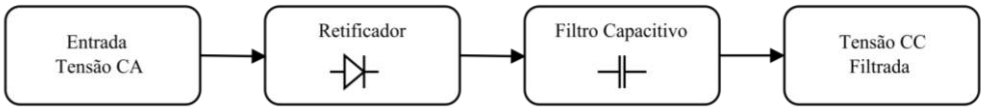


Figura 2 – Diagrama de Blocos do processo de retificação.

Rashid (2014) explica que, um conversor CC pode ser considerado o equivalente CC de um transformador CA com uma relação de espiras continuamente variável. Assim como o transformador, ele pode ser usado para baixar ou elevar a tensão de uma fonte CC. Destaca-se que os conversores CC-CC propiciam controle uniforme (suave), alta eficiência e uma resposta dinâmica rápida. Desta forma, a tensão de entrada após retificada e filtrada, será utilizada pelo conversor *boost* CC-CC com o intuito de elevar a magnitude da tensão (Hart, 2012). Rashid (2014) exemplifica o funcionamento de um conversor CC elevador de tensão baseado na Fig. 3, segundo ele, quando a chave (*S*) é fechada por um tempo t, a corrente no indutor (*L*) cresce, e a energia é armazenada nele. Se a chave for aberta por um tempo t_2, a energia armazenada no indutor é transferida para a carga através do diodo e a corrente do indutor cai. Se um capacitor (*C*) grande for conectado em paralelo com a carga, a tesão de saída será contínua. A Fig. 3 apresenta o circuito do conversor CC elevador de tensão (*Boost*), no qual a tensão fonte V_i é oriunda do circuito retificador apresentado anteriormente.

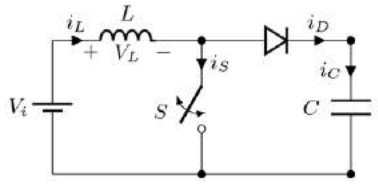


Figura 3 – Conversor CC elevador de tensão.

A modulação do conversor CC-CC elevador de tensão é feita com PWM (Modulação por Largura da Pulso, do inglês, *Pulse Width Modulation*), o qual é gerado com a comparação entre uma onda triangular e uma onda de referência contínua, com amplitude determinada pela razão cíclica. De forma similar, a seção inversora, posterior ao conversor CC, utiliza a modulação por largura de pulso para comutar os transistores e converter a tensão CC em tensão trifásica CA. No que concerne ao sistema modulador do circuito inversor, Rashid (2014) afirma que para cada pulso alternado, a corrente é carregada e descarregada no circuito. Devido à variação na largura de cada pulso, ora a corrente carrega mais e ora carrega menos. O resultado é uma forma de onda com aparência senoidal, devido à modulação ter sido feita sobre uma senoide. É notável o fato de que, quanto mais for elevada a frequência da portadora, mais a curva de corrente se aproxima de uma senoide perfeita, porém a frequência máxima está limitada à capacidade do dispositivo de chaveamento. Vale observar, ainda, que quanto maior a frequência da portadora, menor será a largura dos pulsos.

3. PROJETO E RESULTADOS

Buscou-se enfatizar os cálculos decorrentes de cada etapa do projeto bem como os resultados obtidos, com intuído de validar o circuito projetado. Além disso, o circuito proposto foi submetido a simulações computacionais, com o intuito de avaliar a resposta no domínio do tempo afim de demonstrar que o sistema projetado implementa cada um dos requisitos corretamente, os resultados são apresentados nas seções a seguir.

3.1 1° Estágio: Retificação

Conforme disposto no parágrafo primeiro da seção 2, a primeira etapa da conversão da tensão em um inversor é a retificação e filtragem da tensão de entrada. Desta forma, para obter-se uma menor ondulação na saída do retificador (*ripple*), o capacitor do filtro capacitivo, que se encontra em paralelo com os diodos deve ser devidamente calculado. Nesse contexto, para obter-se a capacitância adequada utiliza-se a expressão abaixo

$$C = \frac{1}{2\pi f\left(\Delta V_O / V_O\right)} \tag{1}$$

Sendo V_o a tensão eficaz na saída do filtro, a qual é 220 Vrms, com uma frequência de 60 Hz e variação na tensão de saída ΔV_o de 1%, chega-se a:

$$C = 265.25mF \tag{2}$$

O circuito retificador projetado, foi simulado no software LTspice, resultando na onda de tensão retificada de 311 V com ondulação máxima de 1 %, como é possível constatar na Fig. 4.

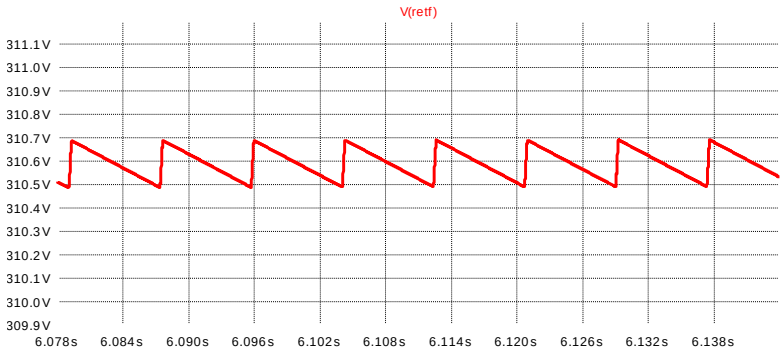


Figura 4 - Onda de tensão na saída do retificador de entrada

3.2 2° Estágio: Conversor *boost*

A tensão oriunda do retificador apresentado na seção 2 terá uma magnitude de 311 Vcc, assim o conversor CC elevador terá que apresentar em sua saída, para o caso projetado, uma tensão de 700 Vcc, e para realizar essa elevação necessita-se de uma razão cíclica que irá acionar a chave (S). Desta forma, Hart (2012) afirma que o período de chaveamento é *T*, e a chave é fechada pelo tempo *DT* e aberta por (1-*D*)*T*. Assim, para obter-se os 700 Vcc requeridos a razão cíclica é calculada por

$$D = \frac{V_O - V_i}{V_o} \rightarrow D = \frac{700 - 311}{700} \rightarrow D = 0,555 \tag{3}$$

Com a obtenção da razão cíclica pode-se calcular a indutância do indutor L da Fig. 4, o qual terá a capacidade de armazenar a energia quando a chave estiver fechada e posteriormente disponibilizar essa energia armazenada quando a chave abrir. Para a razão cíclica obtida anteriormente e, *T* sendo o período, ou seja, o inverso da frequência de chaveamento do conversor CC, a qual definiu-se com um valor de 20 kHz. A variável *R* é o valor da resistência da carga que será vista pelo conversor CC, a mesma tem como relação a tensão do barramento pela potência ativa absorvida pelo inversor. Com base nesses parâmetros, chega-se ao valor da indutância por

$$L = \frac{DT \cdot D'^2 \cdot R}{2} \rightarrow L = \frac{0.555 \cdot \left(1/20000\right) \cdot (1-0,555)^2 \cdot \left(700^2/2100\right)}{2} \rightarrow L = 641,1\mu H \quad (4)$$

Conforme Hart (2012) o indutor funciona no modo de condução contínuo (a corrente é sempre positiva). É a corrente drenada pelo indutor para realizar o armazenamento da energia e disponibilizá-la posteriormente, sendo seu valor calculado por

$$IL = \frac{V_i}{D'^2 \cdot R} \rightarrow IL = \frac{311}{(1-0.555)^2 \cdot \frac{700^2}{2100}} \rightarrow IL = 6,73A \quad (5)$$

Sendo V_i a tensão oriunda do retificador, a resistência R vista pelo conversor foi a mesma utilizada anteriormente. O valor da corrente no indutor do conversor elevador *Boost*, é ilustrada na Fig. 5.

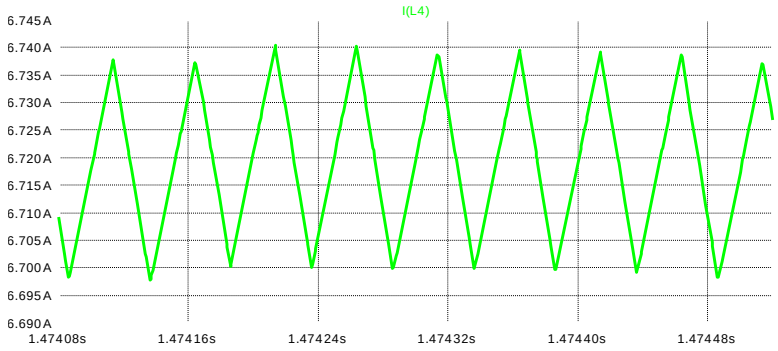
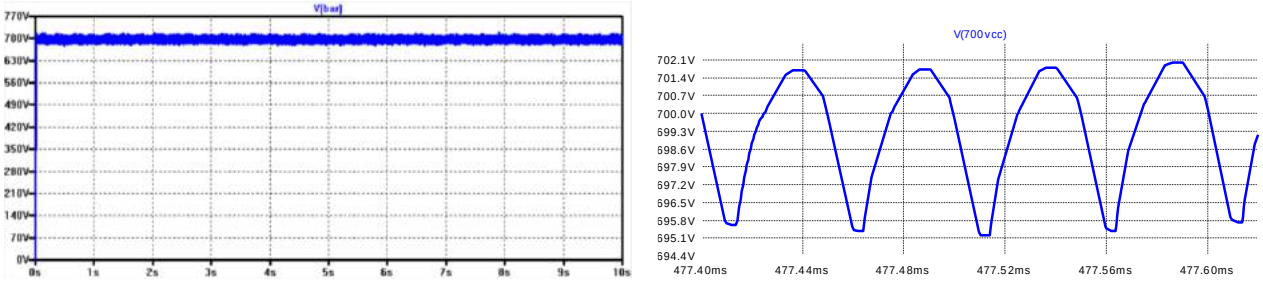


Figura 5 - Corrente no indutor do conversor *Boost*.

A tensão do barramento CC será a tensão de base para realizar a conversão de CC para CA através do inversor trifásico, assim tal tensão não poderá apresentar oscilações em sua magnitude. Por isso tem-se um capacitor para tentar manter essa tensão a menos ondulatória possível. O cálculo da capacitância é definido por

$$C = \frac{D}{R\left(\Delta V_O / V_O\right) f} \rightarrow C = \frac{0.555}{700^2/2100 \cdot (0.01) \cdot 20000} \rightarrow C = 11,89\mu F \quad (6)$$

O conversor *Boost* foi desenvolvido e simulado no *software* LTspice, tendo como critério fornecer um barramento de 700 Vcc com uma oscilação máxima de 1%, como é ilustrado na Fig. 6 (a), sendo ampliado para melhor visualização na Fig. 6 (b).



(a) (b)

Figura 6 – Ondulação da tensão do barramento CC.

Observa-se que a tensão disponibilizada na saída do conversor *boost* apresenta uma pequena oscilação. Porém, ainda é possível destacar que os níveis de tensão condizem com o que fora definido.

3.3 3° Estágio: Inversor trifásico

Conforme apresentado na seção 2, a tensão disponibilizada pelo conversor *boost* será convertida em tensão alternada por intermédio da comutação dos transistores através da modulação por largura de pulso. Desta forma, a lógica de controle irá distribuir os pulsos de disparos pelos 6 IGBT's, de modo a formar uma tensão de saída (embora quadrada) alternada e defasada em 120° uma da outra.

Para o cálculo da potência na saída, é necessário encontrar a potência ativa, de acordo com

$$P = FP.S \rightarrow P = 0,7.3000 = 2100 \tag{7}$$

Portando, a potência trifásica é definida por sua componente ativa e reativa, como mostra

$$S_{3\phi} = 2100 + j900 \tag{8}$$

sendo que, para cada fase, a potência é dividida por três, então

$$S_{1\phi} = 700 + j300 \tag{9}$$

A resistência da carga é obtida a partir de

$$R = \frac{Vo}{P/3} \rightarrow R = \frac{311^2}{700} = 138,17\Omega \tag{10}$$

A corrente de linha para cada fase é dada por

$$IL_{1\phi} = \frac{P}{V \cdot FP} \rightarrow IL_{1\phi} = \frac{700}{311 \cdot 0,7} = 3,21A \tag{11}$$

Para o cálculo do indutor da carga é levado em conta que

$$V_1 = I_1 Z_1 \rightarrow 311 = 3,21\sqrt{138^2 + (377.L)^2} \rightarrow \left(\frac{311}{3,21}\right)^2 = 138^2 + (377.L)^2 \rightarrow L = 261mH \tag{12}$$

A Figura 7 apresenta o circuito completo onde o sinal CC é modificado para se tornar um sinal alternado, porém com frequência e nível de tensão ajustados de acordo com o sinal PWM.

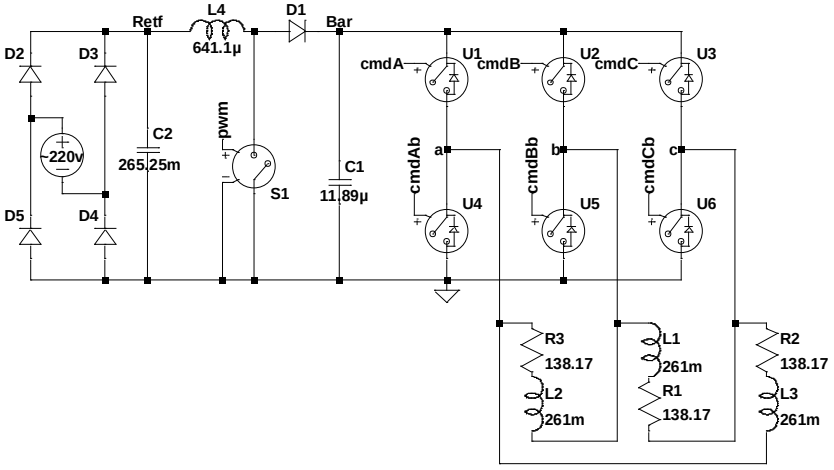
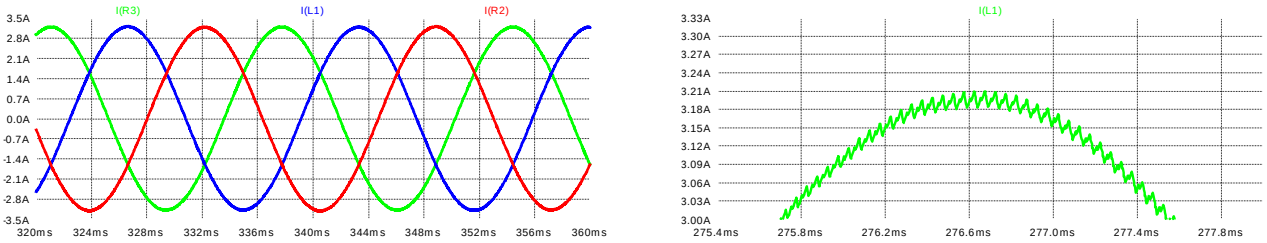


Figura 7 – Sistema de conversor CA-CC para CC-CC e posteriormente CC-CA, com a carga ligada em delta.

A corrente na carga é ilustrada na Fig. 8 (a), que consta das três correntes correspondentes a cada fase com defasagem de 120° entre elas, e valor de pico destacado na Fig. 8 (b). Nota-se que os valores apresentados na Fig. 8 condizem com valores calculados anteriormente.



(a) (b)

Figura 8 – Corrente na carga (a) trifásica, (b) de pico.

Verificando-se pelo *software* LTspice, a corrente eficaz (RMS) apresentou o valor de 2.22439 A e a de pico 3.23544 A. Vale ressaltar que o valores obtidos através dos cálculos realizados foram validados parcialmente com a apresentação dos resultados de simulação. De forma similar, as componentes de tensão (tanto de linha quanto de fase) na frequência fundamental (60 Hz) na saída do inversor satisfazem todos valores pré-estabelecidos, ou seja, 380 Vrms de linha (aproximadamente 537 Vpico) e 220 Vrms de fase (aproximadamente 311 Vpico), podendo ser comprovada através dos calculados realizados pelo LTspice, conforme observa-se, respectivamente na Fig. 10 e Fig. 11.

N-Period=1
Fourier components of V(a,b)
DC component:-2.17617

Harmonic Number	Frequency [Hz]	Fourier Component	Normalized Component	Phase [degree]	Normalized Phase [deg]
1	6.000e+01	5.406e+02	1.000e+00	30.20°	0.00°

Figura 9 – Tensão de pico (terceira coluna) entre as fases “a” e “b”.

N-Period=1
Fourier components of V(a)
DC component:347.913

Harmonic Number	Frequency [Hz]	Fourier Component	Normalized Component	Phase [degree]	Normalized Phase [deg]
1	6.000e+01	3.101e+02	1.000e+00	-0.42°	0.00°

Figura 10 – Tensão de pico (terceira coluna) na fase “a”.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao utilizar a técnica de modulação tipo PWM, torna-se relativamente simples variar a frequência de alimentação da rede, na qual varia-se a frequência do sinal da modulante. Ao ajustar adequadamente a frequência da portadora, produz-se um sinal de corrente de formato que se assemelha a um sinal senoidal perfeito, pois o sinal de tensão apresentará uma forma de onda quadrada, contudo deve-se observar o limite da frequência de chaveamento do dispositivo semicondutor. Todavia, existe algumas peculiaridades as quais são de certo modo inconvenientes e oriundas do sinal de tensão modulada e do sinal de corrente de saída, que por não serem perfeitamente senoidais, implicam no aparecimento de harmônicas na rede, causando assim uma distorção no sinal de saída. Contudo, há opções de amenizar tal efeito, aumenta-se a frequência de chaveamento de modo a evitar que este ruído cause mau funcionamento nos demais equipamentos da mesma rede que alimenta o inversor. Sem dúvidas a praticidade destes inversores é enorme principalmente no que tange ao mercado de acionamento de máquinas CA, consagram-se como uma opção barata e conveniente. No que tange ao circuito projetado seus valores de tensão na carga e formas de ondas apresentadas corroboram com os cálculos realizados.

5. REFERÊNCIAS

Rashid, M. H. 2014. “*Eletrônica de Potência, Dispositivos, Circuitos e Aplicações”*. 4° Edição. São Paulo: Pearson.
Hart, D. W. 2012. “*Eletrônica de Potência: análise e projetos de circuitos”*. Porto Alegre: AMGH.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL COM MICROCONTROLADOR PIC16F887

Maicon Luís Flach
Fernando Grassi
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus de Frederico Westphalen
flach.eng@hotmail.com; grassi.eng@hotmail.com

Resumo. *Sabe-se que a automação atualmente é indispensável para o desenvolvimento tecnológico, para o controle dos processos, para assegurar o desempenho, a segurança dos produtos e para proporcionar garantia da qualidade. Entretanto, existem sistemas de controle ou automação, que em sua grande maioria não atendem certos requisitos necessários no que tange a automação industrial. É nesse contexto que o trabalho proposto neste artigo se destaca, pois elaborou-se um sistema capaz de controlar automaticamente uma planta industrial, atuando de forma precisa e ao mesmo tempo aliando um baixo custo. Neste caso especifico, utilizou-se do microcontrolador PIC16F887 da Microchip para realizar o desenvolvimento do sistema. Destaca-se que o controlador desenvolvido se utiliza de diversos sensores ao longo do processo. Para validação do sistema proposto, o mesmo foi montado fisicamente e teve como função automatizar uma fábrica de tijolos.*

Palavras-chave: *Automação, Controle, Microcontrolador.*

1. INTRODUÇÃO

A demanda por controle de energia existe há muitos anos, principalmente no que tange a sistemas de acionamento de máquinas elétricas, controles industriais e, com a evolução da tecnologia, essa demanda vem crescendo consideravelmente. Nesse contexto, Rashid (2013) afirma que cada vez mais faz-se necessário o desenvolvimento de sistemas que permitam realizar o controle do acionamento das máquinas e dos processos de forma automática e precisa. Destaca-se que os sistemas de controle se tornam menores e mais flexíveis somente a partir do advento dos computadores e dos dispositivos de *hardware* (Lamb, 2015). Porém, para que o controlador possa atuar em um processo, é necessário que o mesmo receba informações sobre o processo que irá monitor. É inserido nesse assunto que Dunn (2013) destaca a importância da instrumentação, enfatizando que a instrumentação é essencial para um sistema de controle, sendo empregada também em um vasto número de aplicações, especialmente em ambientes industriais onde costumeiramente trabalha-se com o acionamento de motores (Golnarahi e Kuo, 2012). Todavia, muitos sistemas de controle atuais apresentam um custo elevado, sendo esta uma desvantagem, pois comumente apresenta um impacto significativo no orçamento do processo de automatização. Porém, Petruzella (2015) destaca os microcontroladores ganham cada vez mais aplicabilidades, pois, além de baixo custo, são projetados para realizar uma variedade de aplicações de controle simultaneamente, ou seja, possuem capacidade de realizar várias tarefas de forma individual. É neste contexto que o presente trabalho se justifica, pois, tem como objetivo demonstrar a aplicabilidade de microcontroladores, mais especificamente do microcontrolador PIC16F887, na automação industrial. Destacando que, com a devida programação do microcontrolador é possível desenvolver um sistema de controle preciso aliado ao baixo custo.

2. METODOLOGIA APLICADA

Petruzella (2015) salienta que os sistemas e controle eletrônicos tem conquistado uma grande aceitação na indústria de acionamento de motores, consequentemente, tornou-se essencial a familiarização com tais dispositivos. Entretanto, Lamb (2015) destaca que os sistemas de controle ou automação atuais possuem muitos componentes que não são necessários ou desejados em um sistema de controle, por isso, os controladores de menor custo ou complexidade geralmente não são otimizados para a execução de controle em tempo real nas máquinas. Entretanto o sistema apresentado na Fig. 1 foi desenvolvido com o intuito de utilizar somente os recursos necessários para a realização do controle da planta industrial apresentada na Fig. 2 da seção 3. De forma sucinta, o controlador elaborado possui somente os elementos e componentes necessários, aliando confiabilidade e precisão ao passo que diminui os custos, enfatizando que o elemento principal deste sistema é o microcontrolador PIC16F887. Vale ressaltar que o sistema desenvolvido é

multiuso, ou seja, tem a capacidade de controlar diversos sistemas distintos, cabe ao usuário realizar a devida programação na linguagem C.

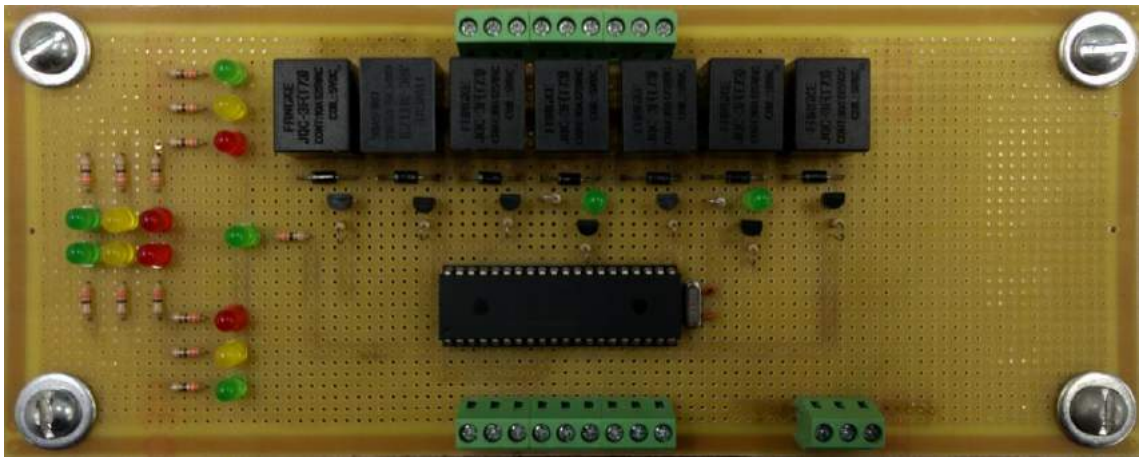


Figura 1. Controlador desenvolvido com microcontrolador.

O sistema apresentado na Fig. 1 foi desenvolvido com o intuito de controlar de forma automática todo o processo de produção planta industrial apresentada na seção 3. O sistema desenvolvido atua diretamente no acionamento dos motores a partir da informação oriunda dos sensores dispersos em toda a linha de produção, dentre eles destacam-se, sensor de corrente, temperatura, capacitivos e indutivos. É importante destacar que os sensores são elementos fundamentais para os sistemas de controle, e, estão intimamente ligados à instrumentação (Placko, 2006). Desta forma, foram alocados diversos sensores para que sejam disponibilizadas as informações necessárias para o controlador atuar no processo de forma ágil e segura. O controlador desenvolvido, além de realizar a automação do processo, tem a incumbência de controlar a temperatura, de forma automática, do forno que realizará a secagem dos tijolos. É importante destacar que cada operação deve ser realizada de forma precisa, pois equívocos realizados durante o processo podem acarretar em prejuízos, o que certamente é indesejável. Por isso, o sistema desenvolvido é o principal responsável em ligar e desligar os motores, ou seja, nenhum motor é acionado enquanto o controlador não permitir.

Uma importante observação a ser realizada no que tange ao acionamento dos motores, é a utilização de relés. Vale ressaltar que o relé possui inúmeras aplicações possíveis em comutação de contatos elétricos, tendo como função realizar combinações lógicas no comando, bem como a separação dos circuitos de potência e comando (Petruzella, 2015). Destaca-se que os relés são costumeiramente aplicados em PCIs (placas de circuito impresso), pois normalmente são utilizados em comandos de baixa tensão, esta estratégia permite reduzir, em parte, o ruído ocasionado durante o acionamento dos motores. Por esta razão, os relés são amplamente utilizados no setor industrial (Lamb, 2015). Outro aspecto que merece atenção é a sinalização, realizada por intermédio de LEDs, que indicará ao operador se o sistema se está funcionando de forma normal ou se algo de errado está acontecendo. Neste caso especifico, os LEDs de cor verde têm o intuito de indicar que os motores estão acionados e em funcionamento normal. Já, os de cor amarela, tem a função de indicar quando as esteiras começam a sobrecarregar, desta maneira o operador ainda consegue intervir no processo para que este siga normalmente seu funcionamento. Entretanto, se as esteiras sobrecarregarem, as mesmas serão desativadas pelo controlador desenvolvido e prontamente será acionado o LED de cor vermelha, indicando ao operador que a respectiva esteira fora desativada automaticamente.

Partindo da premissa que o operador é responsável por abastecer o sistema com terra por meio da esteira primária (Esteira 1) no canto direto da Fig. 2, a qual levará a terra até o misturador, movido por um motor com potência de 100 CV (Cavalo Vapor). Vale ressaltar que, se partes metálicas forem inseridas no misturador, o mesmo sofrerá danos, tendo isso em mente, a Esteira 1 é provida de sensores indutivos com o intuito de identificar caso na mesma esteja transportando partes metálicas junto com a terra. Ao passo que a terra é prensada no misturador, um sistema a umedece, fazendo-a virar argila. Vale ressaltar que o sistema de controle proposto irá monitorar a corrente do motor do misturador, pois o escorregamento do motor aumenta na mesma proporção em que a carga é aplicada em seu rotor, fazendo com que a corrente apresente elevações.

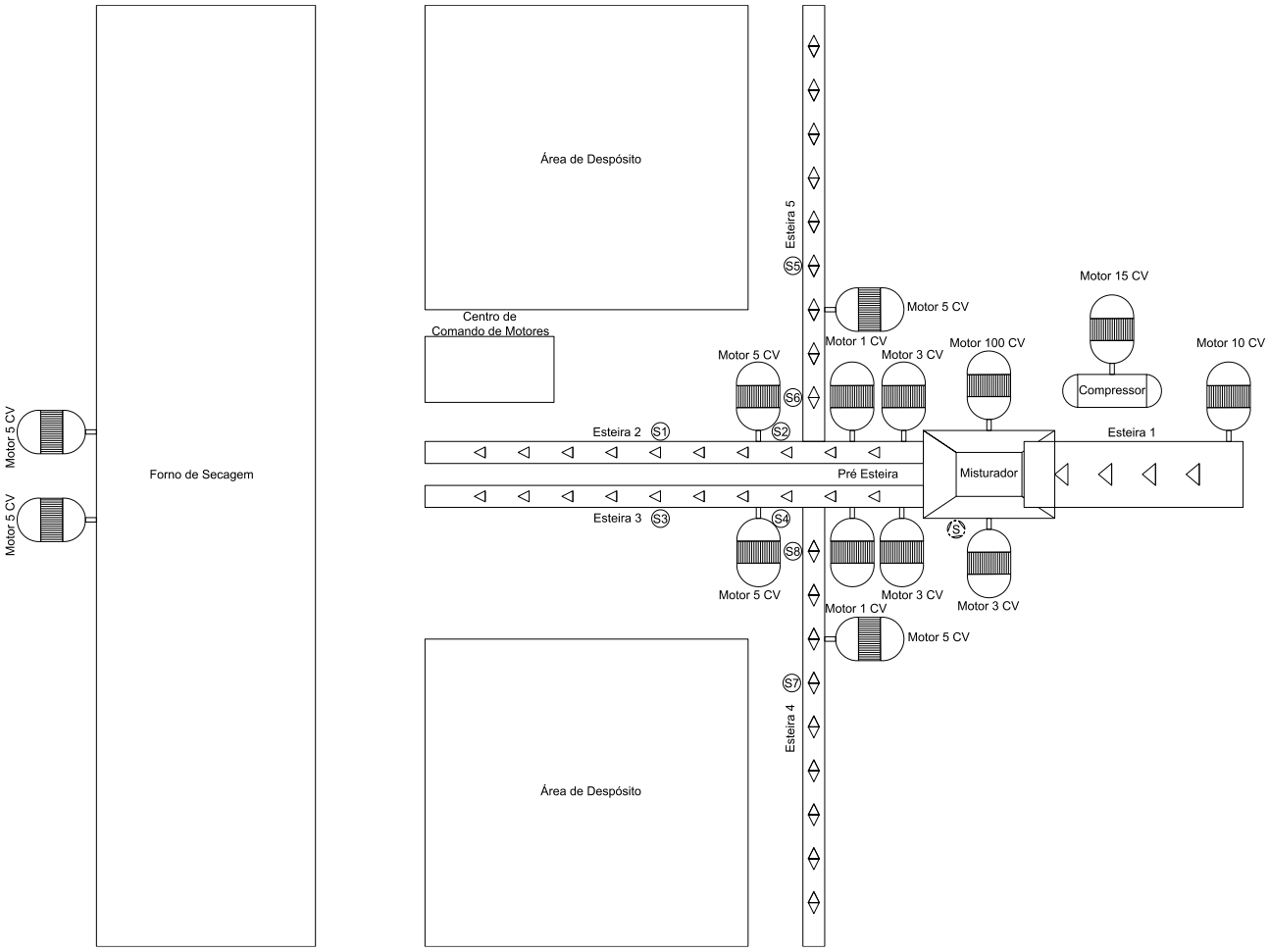


Figura 2. Planta que será automatizada com o controlador desenvolvido.

Por questões práticas o sistema proposto deverá ser instalado no centro de comando de motores (CMM), pois, é no CMM que se encontram os acionamentos de todos os motores. Este requisito tem o intuito de evitar ruídos ocasionados pelos cabos de potência que se sobrepunham os cabos de comando ao longo da planta industrial. Proporcionando um controle preciso, sem a inserção de erros nos sinais de controle, durante o processo de fabricação dos tijolos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Buscou-se enfatizar, através de diagrama de blocos, a forma com que o controlador desenvolvido e apresentado na Fig. 1 atua na planta industrial apresentada na Fig. 2 durante a produção de tijolos. Desta forma, o diagrama de blocos da Fig. 3 ilustra como o controlador irá atuar no acionamento dos respectivos motores em conformidade com a planta apresenta na Fig. 2. Importante ressaltar que o diagrama apresentado na Fig. 3 representa o funcionamento ideal da planta, ou seja, sem restitrições de segurança ou operação. Desta forma, a cor verde significa que o controlador está mantendo o sistema em pleno funcionamento, e, de cor vermelha o controlador mantem o sistema está desativado. Exemplificando, com o motor do misturador (100 CV) junto a prensa ligado (mas não acoplado), habilita-se o funcionamento das esteiras 2 e 3, posteriormente as pré-esteiras e os cortadores, para que então motor de 100 CV possa ser acoplado no misturador e a esteira primária ligada. Como o sistema apresenta-se em condições normais, a corrente do motor não ultrapassa nominal, então o controlador não irá atuar por sobrecorrente. Destaca-se ainda o sensor de segurança junto ao misturador (100 CV), ao lado motor com potência de 3 CV, tem a finalidade enviar um sinal ao controlador para desacoplar o motor do misturador (100 CV) e desativar a esteira primária caso a porta de acesso ao misturador, situada abaixo do mesmo, seja aberta. O sensor de segurança é do tipo NF (normalmente fechado), então para o caso da Fig. 3, é representado o diagrama de funcionamento quando este sensor se apresenta ativado, ou seja, com seu estado alterado de NF para NA (normalmente aberto). Quando aberto o sensor muda sua posição, fechando seus contatos, informando ao controlador que a porta inferior de misturador fora aberta. Com a porta inferior de misturador fechada o sistema está apto a funcionar, sem nenhuma restrição de segurança ou operação do controlador.

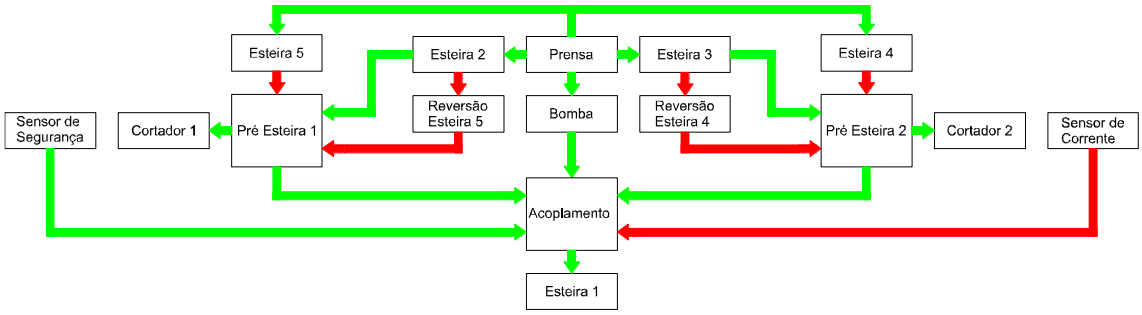


Figura 3. Diagrama de blocos da operação normal do processo.

Caso o sistema esteja em funcionamento, como fora demonstrado na Fig.3, e a porta do misturador seja aberta, o controlador automaticamente irá desacoplar o motor do misturador (100 CV), o que consequentemente desativará o motor da esteira primária, conforme observa-se na Fig. 4.

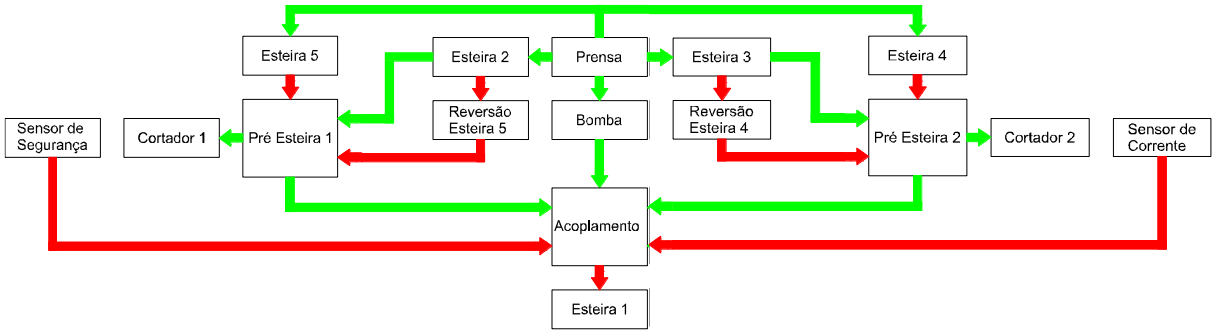


Figura 4. Diagrama de blocos indicando a atuação do controlador através do sensor de segurança.

Conforme apresentado anteriormente, o controlador irá monitorar a corrente do motor junto ao misturador. Caso a corrente exceda o valor nominal do motor, o controlador irá automaticamente aumentar a vazão da água junto ao misturador para que a terra fique mais macia e a corrente do motor volte ao normal. Caso isso não aconteça o controlador irá emitir um sinal áudio visual informando que a corrente está acima do permitido, caso o sistema não volte ao normal em um tempo de 10 segundos (tempo pré-estabelecido), o controlador atuará sobre uma válvula pneumática com o intuito de desacoplar o motor da prensa para que o mesmo não sofra danos permanentes. A Figura 5 ilustra, por intermédio de diagramas de blocos, o desacoplamento do motor e desativação da esteira primária quando a corrente extrapassa o valor limite juntamente com o tempo pré-estabelecido extrapolado. Para acoplar novamente o motor ao misturador é necessário que o operador libere a carga do misturador e manualmente realize o acionamento.

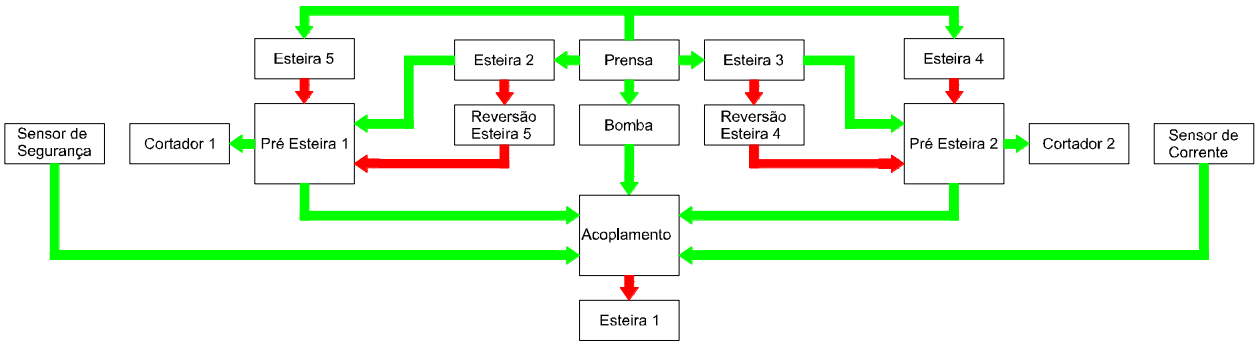


Figura 5. Diagrama de blocos indicando a atuação do controlador por sobrecorrente.

Após a etapa em que a argila é misturada e prensada, dois cortadores irão repartir a argila nos devidos tamanhos, esta etapa é realizada pelos motores com potência de 3 CV logo a esquerda do misturador (100 CV), demonstrado na planta da Fig. 2. Com os tijolos cortados nos devidos tamanhos, os mesmos serão deslocados através de esteiras até os fornos para secagem pelos motores de com potência de 1 CV (Pré Esteira) e 5 CV (Esteiras), respectivamente. Durante o transporte, as duas pré-esteiras (1 CV), e duas esteiras (Esteira 2 e Esteira 3) (5 CV) devem estar funcionando.

Coforme exposto anteriormente, a planta possui sensores capacitivos. Os sinais oriundos de tais sensores serão injetados no controlador com o intuito de contar o número de tijolos fabricados, ou seja, apresentar a produção de tijolos/hora. Da mesma forma, os sinais gerados pelos sensores serão utilizados pelo controlador para realizar o controle de todas as esteiras a jusante do misturador, indicando de forma visual qual esteira está ficando parcialmente ou completamente cheia, fazendo-se necessário o acionamento das esteiras reservas (Esteiras 4 e 5) (5 CV). Caso a esteira 2 fique muito cheia, o controlador irá desativar esta esteira e acionar a esteira 5 (reserva para eventuais falhas), mantendo a pré-esteira acionada, conforme observa-se na Fig. 6, deslocando os novos tijolos até a esteira 2 voltar ao normal.

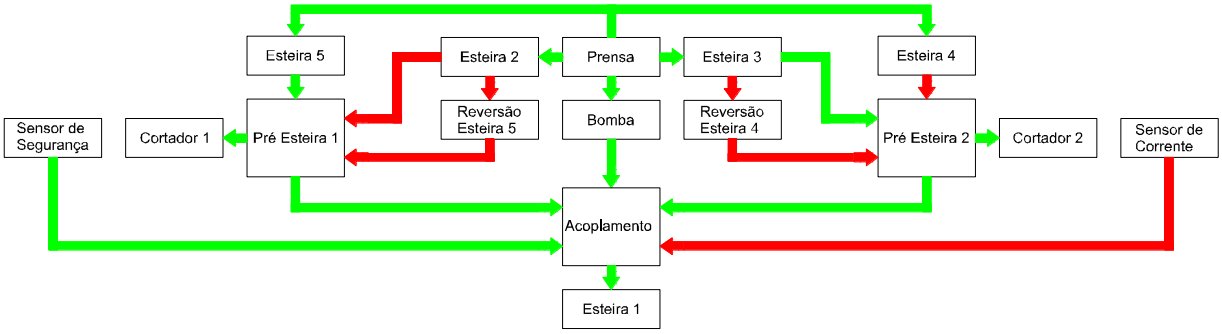


Figura 6. Diagrama de blocos indicando a atuação do controlador quando a esteira 2 sobre carrega.

Para o caso em que a esteira 2 fique sobrecarregada, somente a esteira 5 funcionará até que o sistema volte ao normal. Neste caso específico, a reversão da esteira 5 é automaticamente acionada quando a esteira 2 é liberada e volta a funcionar, sendo a reversão responsável por esvaziar a esteira 5 e deixá-la apta a suprir a sobrecarga da esteira 2 quando necessário, conforme ilustra a Fig. 7. Ao momento em que a esteira 5 é esvaziada a mesma é automaticamente desligada, o mesmo é válido para as esteiras 3 e sua respectiva esteira reserva, a esteira 4.

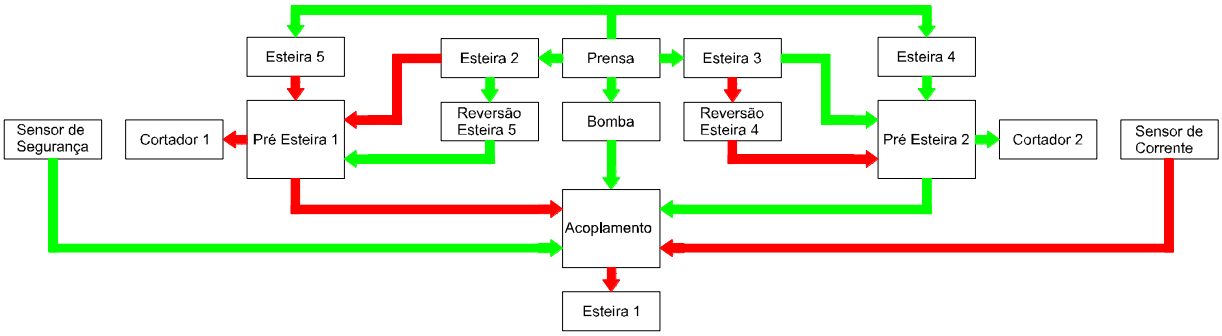


Figura 7. Diagrama de blocos indicando a atuação do controlador quando a esteira 2 volta ao normal.

Caso o sistema não volte ao normal e as esteiras sobrecarregarem, um efeito cascata será realizado pelo controlador, desativando as esteiras, o que consequentemente irá desabilitar os cortadores e a pré-esteira. Conforme apresentando anteriormente, no caso em que a pré-esteira é desativada, automaticamente desacopla-se o motor do misturador e desativa-se a esteira primária, conforme a Fig. 8, o mesmo é valido para as esteiras 3 e 4.

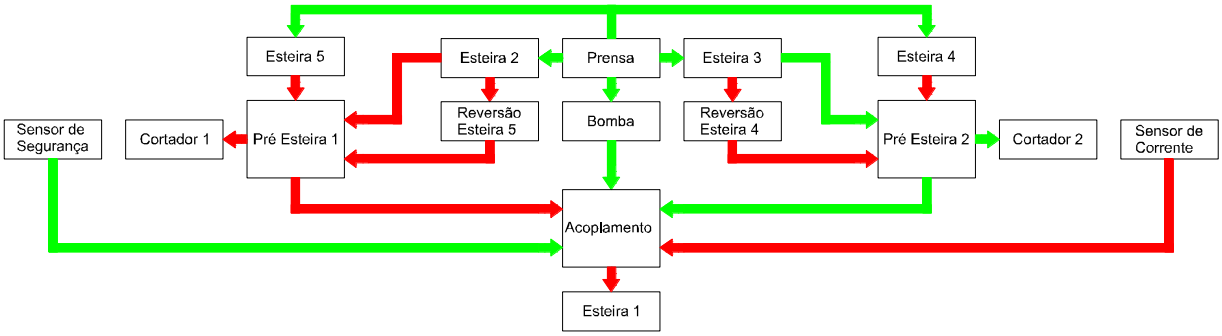


Figura 8. Diagrama de blocos indicando a atuação do controlador quando todas as esteiras estão sobre carregadas.

Ao passo que o sistema volta ao normal, o controlador aciona automaticamente cada esteira, permancendo seu funcionameto conforme apresentado anteriormente pela Fig. 3.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente muitos controladores utilizados para realização da automação possuem alto valor agregado. Porém, a utilização de microcontroladores na automação industrial, torna-se uma estratégia relativamente simples aliada ao baixo custo. Entretanto, destaca-se que mesmo apresentando um baixo custo, o sistema desenvolvido implementa todas as funções designadas de forma precisa e segura. É notório observar que a utilização do sistema desenvolvido faz com que a produção seja mais rápida, aumentando assim a produção em unidades/horas. De forma similar, os custos de mão de obra por produto são consideravelmente minimizados, isso se dá pela capacidade de controlador todos os motores baseando-se nas várias informações obtidas no decorrer do processo.

5. REFERÊNCIAS

DUNN, William C. 2013. *"Fundamentos de Instrumentação Industrial e Controles de Processos"*. Porto Alegre: Bookman.
GOLNARAHI. M. F.; KUO, B. C. 2012. *"Sistemas de Controle Automático"*. 9° Edição. Rio de Janeiro: LTC.
LAMB, Frank. 2015. "*Automação Industrial Na Prática"*. 1° Edição. Porto Alegre: AMGH.
PETRUZELLA, Frank D. 2013. *"Motores Elétricos E Acionamentos"*. 1° Edição. Porto Alegre: AMGH.
PLACKO, Dominique. 2006. "*Instrumentation and measurement"*. Newport Beach, CA: ISTE Ltd.
RASHID, Muhammad M. H. 2014. *"Eletrônica de Potência, Dispositivos, Circuitos e Aplicações"*. 4° Edição. São Paulo: Pearson.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CARGA ELETRÔNICA MICROCONTROLADA PARA FONTES DE POTÊNCIA CC

Marcelo Franklin Lorensetti
Fabio Delavechia Rocha
Unochapecó – Av. Senador Atílio Fontana. 591 – E, Efapi – CEP: 89809-000 – Departamento de Engenharia Elétrica – Chapecó – SC – Brasil
marcelolorensetti@unochapeco.edu.br
fabiodvr@unochapeco.edu.br

Resumo. *O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de uma impedância ou carga ajustável através de um microcontrolador. Para isso é adotando o dispositivo de potência MOSFET trabalhando em sua região de tríodo, operando na faixa de corrente CC até aproximadamente 1A e tensão de alimentação até 14V. O controle da corrente (carga) no dispositivo faz-se por um circuito em malha fechada em corrente, o que fornece boa estabilidade e confiabilidade nos resultados da resistência requerida. Adicionalmente foi implementada comunicação via software da placa microcontrolada com um computador, com o intuito de realizar ensaios de cargas variáveis, monitorando o comportamento da corrente e tensão da fonte demandada pela carga, bem como armazenagem dos dados obtidos. Com estes dados é possível estudar o comportamento destes parâmetros em diferentes valores de carga, sem que haja a necessidade de intervenção do projetista na variação da carga ou desacoplamento da fonte ao circuito de carga.*

Palavras-Chave *- Carga eletrônica, Microcontrolador, MOSFET, resistor variável, Tríodo.*

1. INTRODUÇÃO

Podemos definir um sistema elétrico como composto de três partes bem distintas (OPPENHEIM, V., 2010): a entrada (composto de uma fonte de tensão/corrente continua ou alternada), a saída (chamada carga - resistiva ou impedância) e o sistema propriamente dito (relaciona entrada-saída conforme uma lei - também chamado de mapeamento). O estudo do comportamento de muitos sistemas elétricos pressupõe sua simulação para diversas demandas de potência e isso somente pode ser alcançado alterando-se a carga do sistema (saída).

Existem atualmente dois modos distintos de se alterar a carga de um sistema: alterando-a manualmente inserindo-se combinações de elementos resistivos (por exemplo resistores de potência em paralelo ou série) ou aplicando na saída um elemento semicondutor de estado sólido, ou seja, um transistor de potência, chamado MOSFET (SEDRA ,A. S, 2005). Este último método vem sendo explorado amplamente atualmente com uso em projetos e testes de baterias (M. Kazerani, 2008), fontes de tensão CC , conversores CC-CC e painéis fotovoltaicos (PEDROSO, A. F,2010).

O transistor de efeito de campo (field-effect transistor –FET), consiste em um componente semicondutor capaz de fornecer saída de corrente variável (dreno), com uma variação de tensão na entrada (Gate). A expressão que relaciona tensão de entrada e corrente de saída está abaixo Eq.(1). A expressão da Eq. (1) (SEDRA ,A. S., 2005) define a equação que caracteriza o valor de i_D (Corrente de Dreno) na região de tríodo do Mosfet:

$$i_D = (\mu_n . C_{ox}).(\frac{W}{L}).[(V_{GS} - V_t).V_{DS} - \frac{1}{2}.V_{DS}{}^2] \quad (1)$$

C_{ox} – Capacitância por unidade de área.
L – Comprimento da região do canal [μm].
V_t – Tensão limiar.
μ_n – Mobilidade dos elétrons no canal.

Na utilização de cargas variáveis com valores discretos, isto é, resistores, uma associação é necessária para que se possa chegar ao valor desejado. Mas nem sempre é conseguido através de associação com resistores, pelo fato de cada resistor possuir valor tabelado e fixo, e também muitas vezes a falta destes componentes em laboratório faz com que os valores escolhidos não permitam alcançar o valor exato desejado para dada aplicação.

Com a implementação do dispositivo de potência MOSFET, é possível ajustar a resistência de modo contínuo e exato, onde toda a curva dentro da região de Tríodo é excursionada. Isso possibilita uma enorme gama de valores ôhmicos que podem ser disponibilizados sem que haja uma variação brusca em seu valor, como ocorre na troca de resistores (sistema discreto de resistência).

2. CARGA ELETRÔNICA

Segundo (SEDRA ,A. S.,2005), o controle da corrente i_D da por Eq. (1) pode ser dado através da variação da tensão V_{GS} (Tensão Gate-Source). Este parâmetro nos possibilita o controle da corrente que flui pelo canal do semicondutor, assim possibilitando uma infinita gama de utilidade para este dispositivo MOSFET. Uma das possibilidades de aplicação para tal comportamento elétrico é de tê-lo como um dispositivo controlador de corrente, ou como uma fonte de corrente. Se o dispositivo for alimentado por uma fonte CC uma impedância variável controlada pode ser obtida, variando-se apenas a tensão V_{GS}.

Um dispositivo MOSFET suporta uma grande faixa de corrente, passando de alguns Amperes de corrente a algumas dezenas de Amperes, capacidade esta não presente em resistores de cerâmicos. Com isso, este dispositivo possui uma grande vantagem comparada a dispositivos passivos com valores fixos, muito limitados em potência e, portanto, em disponibilizar faixa de impedância de trabalho.

O controle da tensão V_{GS} do MOSFET é dado através de um dispositivo eletrônico microcontrolado. A implementação de um algoritmo de rastreamento permite um controle que determina o valor da tensão V_{GS} que corresponde ao valor ôhmico requerido.

O diagrama esquemático apresentado na Fig. 1, é composto pelo circuito de potência do conjunto da carga eletrônica, nele contem o MOSFET (Q1) que será o responsável pela impedância variável citada à cima, e controlado pelo AOP (U2), onde o mesmo será responsável pela compensação da tensão V_{GS} em relação a i_D. O sensor de corrente (S1) será o responsável pela aquisição dos valores de i_D e posteriormente lido ao UC que fará a aquisição a partir da entrada analógica AN0. A tensão de referencia para controle do FET é provinda de um filtro passa baixa implementado para filtrar o valor médio do PWM para CC, e adicionado na porta não inversora do AOP para que seja feito o circuito de compensação e controle de corrente.

Os valores de V_{DS} e V_{GS} são obtidos pelas portas AN1 e AN2 respectivamente, estes pontos de leitura tem suma importância para a avaliação e controle da carga a ser aplicada ou variada dependendo de sua aplicação. A fonte CC acoplada a impedância é conectada ao circuito nos pinos IN+ (Vcc) e IN- (GND).

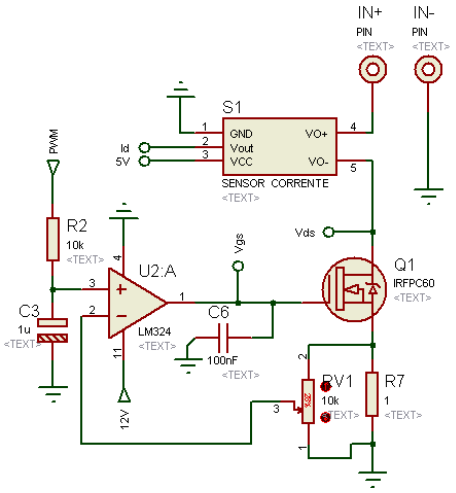


Fig. 1: Diagrama esquemático do circuito de potência

Na Figura 2 está exposta a PCI (Placa de Circuito Impresso) em seu estado final, desenvolvida e utilizada para a realização do ensaio com a fonte CC, e utilizada para a obtenção dos resultados. A placa possui todas as suas conexões externas em os seus periféricos, assim como, conector USB, entrada da fonte de alimentação para funcionamento próprio, plugue para entrada da fonte a ser ensaiada e conexão para programação do microcontrolador em circuito.

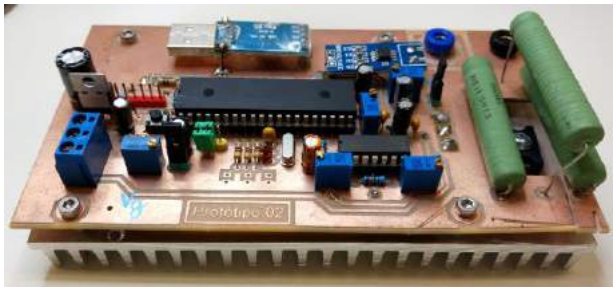


Fig. 2: Placa da Carga Eletrônica

2.1 Sensor de Corrente

O driver ACS712, é o responsável por informar o valor de corrente de carga i_D para o microcontrolador. Este módulo permite fazer a leitura de correntes contínuas (CC) ou Alternadas (AC) de até 5A no máximo. Ele fornece um valor de tensão OUTPUT (de 2,5 à 5 V) proporcional a corrente aplicada nos terminais de circulação (0 à 5A, respectivamente) Utilizando-se do canal analógico/digital do microcontrolador faz-se a leitura dos valores de 2,5V à 5V.

2.2 Sircuito de Potência

O circuito de potência é composto por um MOSFET IRFPC60, dispositivo apresentado na tabela a seguir.

Tabela 1: Dados específicos do MOSFET IRFPC60

V_{DSS}	600V
R_{DS}	0.40Ω
I_D	16A
Potência de dissipação	280W

A figura 1 representada o diagrama do circuito de potência, composto de 3 partes: 1) circuito atuador (amplificador operacional ajustável); 2) sensor de corrente e tensão, 3) elemento a ser controlado (MOSFET). O MOSFET é acionado por um amplificador operacional composto de um trimpot offset, cujo objetivo é ajustar o valor da tensão em que é referenciada na entrada inversora do AOP devido à precisão do resistor Shunt. Como os resistores possuem uma pequena margem de tolerância em torno de 5% de seu valor ôhmico, é necessário à implementação deste resistor para se manter a corrente i_D constante independente da variação desta resistência (circuito de compensação).

Com a aplicação do circuito de compensação em hardware é possível eliminar o controle por algoritmo do efeito da variação de resistência interna do MOSFET causada pela variação da temperatura de capsula e do dissipador acoplado ao MOSFET. Com isto, este ajuste é ligeiramente corrigido pelo AOP que faz o controle da tensão V_{GS}, descartando variações indesejáveis na resistência causadas pela temperatura.

O sensor de corrente está alocado próximo a o dreno do MOSFET, fazendo a leitura da corrente i_D. Sua saída segue para a porta AN0 do microcontrolador (conversor AD).

2.3 Microcontrolador

Para implementar o controle do MOSFET e comunicação com o PC, é usado um microcontrolador (PIC18F4550). O UC além de fazer a aquisição de sinal de corrente e tensão da carga, envia o sinal de controle para o MOSFET via amplificador operacional. A leitura dos valores de tensão de V_{GS} quanto do valor de V_{DS} é realizada pelas portas AN2 e AN1 do microcontrolador e enviados ao sistema supervisório para armazenamento dos dados obtidos

O valor de "va", provindo do microcontrolador é o resultado da tensão media do filtro PWM (Modulação por Largura de Pulso). O filtro PWM consiste em transformar o sinal PWM em um sinal CC, onde possa ser direcionado ao AOP para que haja o controle da tensão na base do FET.

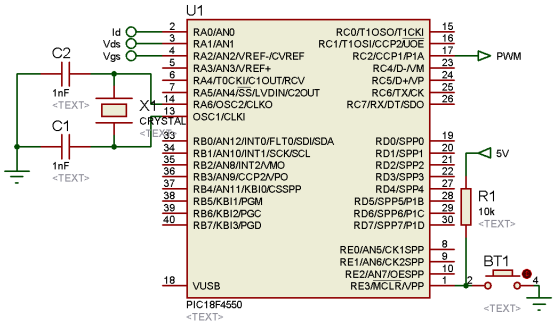


Fig. 3: Diagrama esquemático UC PIC18f4550

Para desenvolvimento e simulação da PCI, foi implementada e desenvolvida no software PROTEUS da Labcenter Electronics®. PROTEUS é uma ferramenta para verificação via software que permite comprovar a eficácia do programa desenvolvido, oferecendo a possibilidade de simular o código do microcontrolador.

2.4 Comunicação e IHM

A comunicação UC-PC se dá através da porta UART (RS232) do microcontrolador e por um módulo conversor Usb-Serial TTL PL2303. Para o software IHM (Interface Homem Máquina) desenvolvido especificamente para esta aplicação. A comunicação permite a obtenção dos parâmetros de V_{GS}, i_D e V_G, e salva-os em arquivos de extensão .txt para levantamentos de gráficos em programas de simulação ou até mesmo em planilhas de dados.

O software de interface homem maquina (IHM) Fig. 4 foi desenvolvida na plataforma Visual C#. Esta interface funciona como um supervisório, onde temos a leituras de todos os dados de interesse possível. Um sistema de configuração de porta serial foi montado onde é identificada a porta e suas configurações de transmissão de dados.

Fig. 4: Supervisório, interface de aquisição de dados.

A aquisição dos dados é feito de forma manual, onde o usuário fica responsável por encontrar um local de destino e dar o nomes aos arquivos para seus fins.

2.5 Ensaios

Ensaios foram realizados com o auxilio de osciloscópio, multímetros e com uma fonte CC escolhida para servir como fonte de alimentação para a carga eletrônica, foi possível obter valores de i_D, V_{GS} e V_{DS}, que puderam ser analisados de modo a compara a teoria com a pratica. Alguns dados obtidos nos ensaios estão expostos nas imagens abaixo, onde foram obtidas a partir do osciloscópio que apresenta o valor da tensão e corrente no qual está sendo aplicada no instante.

Com o auxilio do osciloscópio é possível observar em detalhes o comportamento da fonte CC devido à carga que está sendo aplicada. A Fig. 5 mostra um ponto em que foi definido um valor de carga de modo a drenar da fonte CC um valor de i_D sendo 200mA. Em azul temos o valor da corrente i_D, e em amarelo temos o valor da tensão V_{GS} com 3,60V.

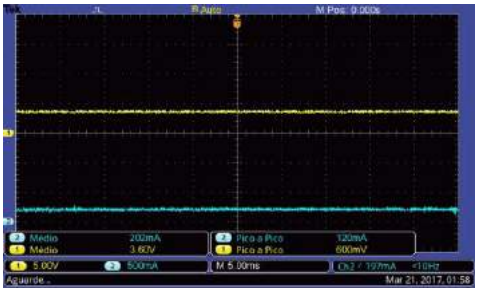


Fig. 5: Sinal de tensão V_{GS} e sinal de corrente i_D.

No ensaio realizado foram obtidos os dados que estão expostos na Tab. 2, o valor da tensão de V_{GS} é aumentado gradualmente de forma a linear. Os dados exposto foram obtidos com o auxilio dos equipamentos de bancada (osciloscópio e multímetros) e comparados com os valores armazenados pela IHM, no total são 100 segundo de analise em que a cada segundo é realizado a aquisição dos valores de V_{GS}, V_{DS} e i_D da carga eletrônica e salvos.

É importante salientar de que os valores obtidos nos ensaios práticos foram comparados com os dados obtidos com o auxilio da IHM, assim como pode ser visto nas figuras obtidas através do osciloscópio, os mesmos valores são encontrados na tabela a baixo.

Tabela 2: Dados experimentais obtidos a traves do ensaio da fonte CC

V_G	i_D	V_{GS}
3,040	0,010	13,410
3,160	0,030	13,280
3,380	0,070	13,120
3,480	0,100	12,960
3,580	0,150	12,810
3,660	0,200	12,770
3,720	0,250	12,710
3,850	0,300	12,500
3,980	0,400	12,290
4,110	0,500	12,080

Um parâmetro muito importante que é obtido a partir dos dados coletados no ensaio e demonstrado nos gráficos a seguir são as linhas de tendência. Onde a linha de tendência da corrente é dada por Eq. (2), e com $R^2 = 0,996$.

$$y= 0,0077x - 0,0374 \quad (2)$$

Para a linha de tendência de V_{GS} demonstrado em Eq. (3) e com um $R^2 = 0,993$.

$$y = -7E\text{-}05x2 + 0,0208x + 3,049 \quad (3)$$

Onde, para cada valor de x (tempo) temos um valor de y em tensão para Eq. (3) e de corrente para Eq. (2), com isso podemos determinar valores em V_{GS} a partir destas equações. Aplicando ao microcontrolador estas equações, será possível determinar os valores de V_{GS} a partir de um valor desejado de impedância pelo usuário. Sabendo que para Eq. (2) o valor de y é o valor de i_D, e como este valor está sendo monitorado a todo instante pelo sensor, assim será determinado o valor de x por Eq. (4), assim este valor é substituir em Eq. (3) obtendo um valor para VGS que fará o controle da impedância eletrônica.

$$x=(y+0,0374)/0,0077 \quad (4)$$

O valor de R^2 e das linhas de tendência são determinados por equações de aproximações numéricas, o quanto a expressão obtida por estes meios numéricos são próximos aos valores reais obtidos nas leituras expostas na tabela à cima. Com isso podemos mostrar o quanto é linear a curva de i_D e a curva V_{GS}, quanto mais próximo de 1 for o valor de R^2, mais fiel é a Eq. (2) e Eq. (3) com suas respectivas curvas.

Na Figura 7 estão expostos os valores de V_{GS} em azul, Vcc (tensão da fonte sobre o MOSFET) em vermelho e i_D verde. Neste gráfico fica nítido observar a variação da tensão Vcc com o aumento da corrente, mostrando o comportamento da tensão com a variação da carga em questão. Neste momento podemos observar que a corrente i_D

vem crescendo em seu valor conforme o aumento do valor de VGS, assim podemos verificar e validar a Eq. (1) que representa este comportamento do MOSFET.

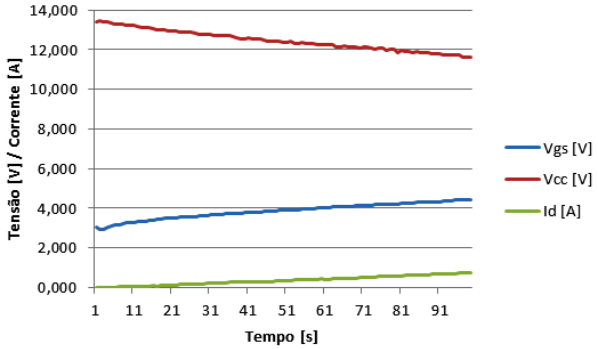


Fig. 7: Variação de VG, ID e VCC no tempo.

Com estes dados obtidos no ensaio linear, podemos definir um ponto para esta fonte, em que:

Para uma carga ajustada em 24Ω temos uma corrente de aproximadamente 500mA sendo drenada, e um afundamento de tensão de 1,4V. Com um aumento da carga, ou seja, o valor da sua resistência diminuir, tem-se um aumento na corrente e por consequência um afundamento ainda maior se dará da tensão Vcc.

3. CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que o protótipo da impedância eletrônica microcontrolada para fins dos ensaios das fontes CC, bem como a praticidade da coleta dos dados obtidos durante as analise do comportamento da carga foram possíveis a partir da variação de V_{GS}. Assim podendo obter um diagrama do comportamento estático das fontes CC para que possam ser identificados suas características em pleno funcionamento e determinar seus pontos cruciais. A linearidade das curvas i_D e V_{GS} proporcionou um controle de variação de impedância para fins da simulação de cargas distintas variantes no tempo a partir deste microcontrolador, possibilitando a os projetistas de fontes CC ensaiarem e obterem vários pontos com valores aleatórios de cargas ou simulação com variações de uma carga linear.

4. REFERÊNCIAS

OPPENHEIM, V., Alan. Sianais e Sistemas. 2010.

SEDRA ,A. S., Microeletrônica. Pearson Education do Brasil, 4th ed., 2005.S. A. González, M. I. Valla, and C. H. Muravchik, “A Phase Modulated DGPS Transmitter Implemented with a CMRC”, in Proc. of COBEP, vol. 02, p. 553-558, 2001.

BOYLESTAD, R. and L. Nashelsky, Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. Editora LTC, 6 ed., 1999.

M. Kazerani, "A high-performance controllable AC load," *2008 34th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics*, Orlando, FL, 2008, pp. 442-447.

PEDROSO, A. F, Douglas. Dissertação: Desenvolvimento de uma carga CC Regenerativa para Ensaio de Bancos de Baterias. UFMG. 2010.
http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-8CSF8Z

5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CONVERSOR CC-CC BOOST PFC APLICADO À CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

Marcelo Jacson Fortuna
Cássio Luciano Baratieri
Adilson Luís Stankiewicz

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Campus Erechim
marcelojfortuna@hotmail.com, cassiobaratieri@uricer.edu.br, adilsonluis@uricer.edu.br

Resumo. *Este trabalho tem por finalidade apresentar o estudo e simulação de um conversor Boost PFC aplicado à correção do fator de potência. Este conversor aproxima o fator de potência do valor unitário, minimiza a taxa de distorção harmônica reduz a necessidade do uso de filtros e incrementa a eficiência do sistema globalmente. O estudo inicia com a definição dos padrões de projeto, com uma potência de saída de 1kW, tensão de entrada de 311 V, e saída de 400V. O controle por corrente média, é baseado no circuito integrado UC3854, com 3 malhas: corrente, tensão e tensão feed forward. Os resultados de simulação comprovam o desempenho e eficiência do conversor Boost PFC, obtendo um FP de 0,9928.*

Palavras-chave: *Conversor Boost PFC, Correção do Fator de Potência, Conversor CA-CC.*

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a correção do fator de potência é vinculada geralmente às indústrias pelo fato de serem consumidores de maior demanda de energia quando comparadas com estabelecimentos comerciais e residências. Outro fator relevante é maior facilidade em fiscalizar a qualidade de energia das indústrias, que estão presentes, em menor número em relação às residências e comércios. Ressalta-se também que uma rede que possui vários equipamentos com fator de potência baixo, resulta em correntes circulantes, causando distorções harmônicas, limitando assim a entrega de potência ativa, a qual realmente gera trabalho. Estes efeitos exigem um maior dimensionamento dos elementos de distribuição, transmissão e geração de energia (Beltrame, 2008).

Conforme Roggia (2009) o conversor Boost é a melhor escolha para o estágio de potência de um corretor ativo de fator de potência por ser um dispositivo com corrente de entrada contínua, sendo capaz de gerar baixa concentração de ruídos, e uma melhor forma da corrente de entrada.

O modo de operação do conversor é projetado conforme a carga que ele irá alimentar, sendo que para cargas constantes geralmente escolhe-se apenas um modo de operação, enquanto para cargas variáveis se utiliza por muitas vezes o modo de condução misto ou crítico. O modo de condução descontínuo (MCD) é escolhido geralmente para potências menores pelo fato dos esforços da chave serem menores quando da sua comutação, com a corrente no indutor em zero. Para potências elevadas, a melhor escolha é a utilização do modo de condução contínuo (MCC) considerando que as perdas por comutação são reduzidas, onde o pico de corrente é inferior do que no MCD. Algumas referências colocam como o limite de utilização do modo MCD para MCC como sendo $300\,W$ (Roggia, 2009). A Fig. 1 mostra o circuito do conversor Boost PFC, projetado no modo de condução contínuo.

2. METODOLOGIA

Dentre os procedimentos para o projeto do conversor CC-CC Boost PFC, que engloba o estágio de conversão de energia CA-CC e CC-CC, compostos por um retificador monofásico não controlado e um conversor Boost PFC respectivamente, foram utilizados como base os trabalhos de Todd (1999) e Beltrame (2008).

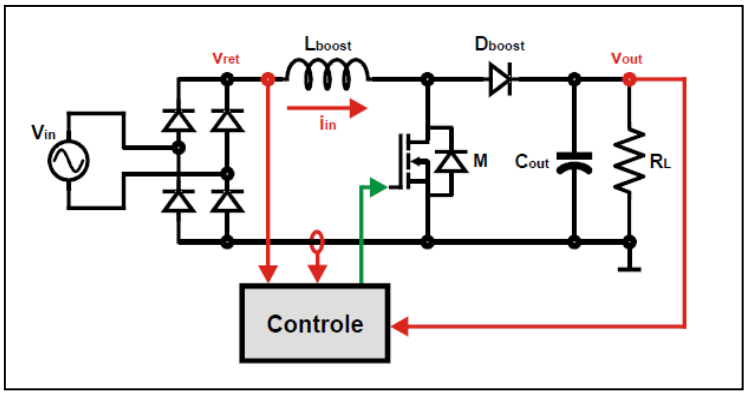


Figura 1. Circuito do conversor Boost PFC

2.1 Projeto do conversor Boost PFC

Inicialmente foi escolhido um retificador monofásico, composto por quatro diodos, com o intuito de converter a tensão alternada da rede em tensão contínua (pulsada). Este retificador foi acoplado ao conversor Boost PFC.

Na Tab. 1 estão apresentados os principais parâmetros de projeto do conversor Boost PFC (Fig. 1), estes valores foram escolhidos levando como base Beltrame (2008). Inicialmente foi projetado o conversor boost operando no modo de condução contínua, para posterior controle através da metodologia PFC.

Tabela 1. Especificações de projeto do conversor Boost PFC.

Parâmetro	Simbologia	Valor
Tensão de entrada (*V*)	V_{in}	311,13
Potência de saída (*kW*)	P_{out}	1
Tensão de saída (*V*)	V_{out}	400
Frequência de chaveamento (*kHz*)	f_s	75
Ondulação na corrente de entrada pico-a-pico (%)	ΔI_L	25
Hold up time (ms)	*thold*	33,33
Ondulação na tensão de saída (%)	ΔV_{out}	10
Razão cíclica média	$D_{méd}$	0,2221
Indutor Boost (μH)	L_{Boost}	810,83
Capacitor de saída (*mF*)	C	2,35

2.1.1 Projeto do circuito de controle PFC

Para o projeto de controle utilizou-se uma metodologia condizente com o funcionamento do circuito integrado UC3854, onde este foi utilizado por Beltrame (2008) e Todd (1999). Na Fig. 2 está representado o sistema de controle completo.

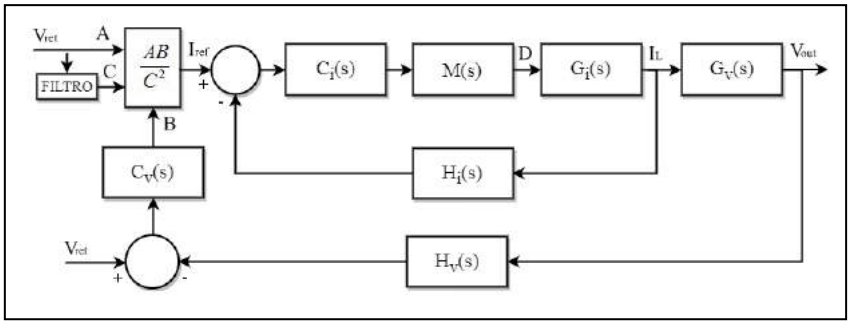


Figura 2. Diagrama de blocos do sistema de controle completo do conversor Boost.

Deve-se salientar também que dois requisitos devem estar presentes no conversor Boost PFC.

- A corrente de entrada deve estar em fase com a tensão de entrada, tendo a forma de onda senoidal.
- A tensão de saída deve ser constante.

Devido às características acima descritas, o sistema de controle empregado é baseado na utilização de três malhas. A primeira é composta por uma malha interna de corrente, possuindo resposta rápida, e tendo o intuito de fazer a correção efetiva do fator de potência. A segunda composta por uma malha de tensão com resposta lenta, cuja principal função é corrigir a amplitude da tensão de saída, atendendo aos valores de projeto. Por fim a terceira malha (*feed forward*) tem o intuito de estabilizar a tensão de saída, não permitindo variações bruscas ocasionadas por variações da tensão de entrada.

2.1.2 Projeto da malha de corrente

Esta malha será responsável por definir a razão cíclica numa faixa de 0 a 1 (normalizada), sendo o valor máximo quando a tensão de entrada for nula, até próximo de zero quando a tensão de entrada for máxima. Na Fig. 3 está representada a malha de controle de corrente, que é composta de um compensador $C_i(s)$, um modulador $M(s)$, um sensor $H_i(s)$ e da planta de corrente $G_i(s)$. Ressalta-se também que as funções de transferência foram adaptadas de Silva (2011). A Eq. (1) apresenta a função de transferência $G_i(s)$ advinda da modelagem da planta de corrente.

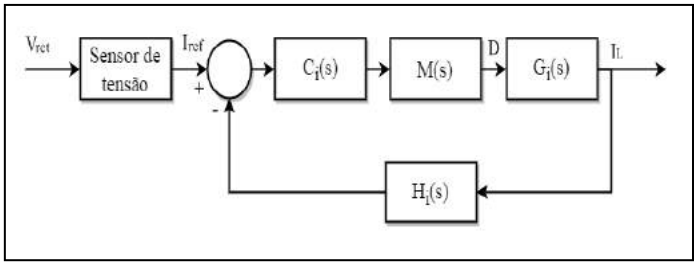


Figura 3. Diagrama de blocos da malha de corrente.

$$G_i(s) = \frac{493321s + 2624051}{s^2 + 2{,}66s + 317577} \tag{1}$$

O modulador M(s) adotado deve possuir uma forma de onda triangular, com amplitude que varia de 0 a 1, devido a normalização do barramento CC e a variação da razão cíclica numa faixa de 0 a 1, assim atribuindo o ganho necessário a malha igual a 1. Para o modelo do sensor $H_i(s)$ optou-se por um ganho unitário que é o ganho devido à simplificação no modelo, levando em consideração uma realimentação unitária.

Sabendo a função de transferência da planta de corrente e os valores atribuídos ao modulador e ao sensor, fez-se necessário o projeto do compensador, onde se optou pelo controlador proporcional-integral (PI), que apresenta erro nulo em regime permanente para sinais de referência constantes devido à parcela de integração na malha de controle. O objetivo deste compensador é definir a razão cíclica para que a corrente do indutor rastreie a corrente de referência, a qual apresenta a mesma forma de onda da tensão de entrada.

Para o projeto do compensador foi utilizado o *toolbox SISOTOOL* disponível na ferramenta computacional *MATLAB*. Como parte do projeto, foram adotados a seguir os seguintes critérios:

- O zero do compensador (Z_{ci}) foi posicionado para garantir uma margem de fase de 50º.
- O polo do compensador (p_{ci}) foi posicionado na metade da frequência de chaveamento, para reduzir o efeito do chaveamento.
- O ganho (K_{pi}) é estabelecido para garantir uma frequência de cruzamento por zero específica, geralmente uma década abaixo da frequência de comutação, sendo 7,5 *kHz* .

A Eq. (2) mostra a função de transferência do compensador, em que foi adicionado um polo real (p_{ci}) à função característica do PI para reduzir os efeitos da frequência de comutação.

$$C_i(s) = K_{pi} \cdot \frac{(s + z_{ci})}{s(s + p_{ci})} = 21500 \cdot \frac{(s + 26700)}{s(s + 253620)} \tag{2}$$

2.1.3 Projeto da malha de tensão

Como mencionado anteriormente é adicionada uma malha externa de tensão para corrigir a amplitude da tensão de saída. O controle da tensão de saída pode ser realizado pelo método da corrente média de entrada, sendo este utilizado neste trabalho. Para realizar o controle da tensão de saída através da corrente média, devem-se relacionar as duas variáveis (Silva, 2011), de modo que na Fig. 4 está inserida no diagrama a função de transferência de malha fechada da corrente (MF_i), que pode ser aproximada para baixas frequências como um valor unitário.

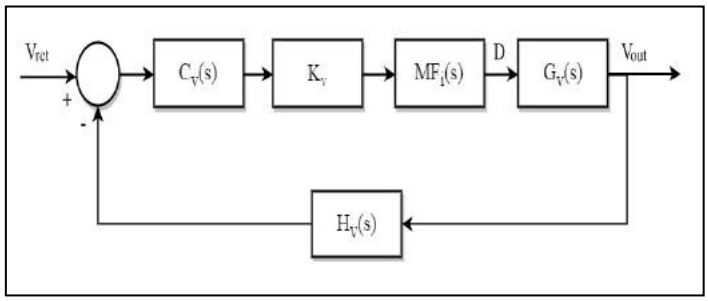


Figura 4. Diagrama de blocos da malha de tensão.

Pode ser ressaltada no diagrama a presença do compensador de tensão $C_v(s)$, de um ganho na tensão K_v, um sensor de tensão $H_v(s)$, e da planta de tensão $G_v(s)$. O sensor $H_v(s)$ analogamente ao sensor $H_i(s)$ da malha de corrente, é uma realimentação unitária. Para o ganho assume-se, $K_v = 1/V_M$ onde V_M é o valor médio da tensão da entrada do conversor boost, representando aproximadamente 63,67% da tensão V_{in}, resultando em uma tensão média de 198 V. Na última fase de projeto foi estabelecida a função de transferência da planta que relaciona a tensão de saída do conversor com a corrente no indutor, sendo expressa por:

$$G_v(s) = \frac{R_L \cdot D_{méd}}{(R_L \cdot C)s + 1} = \frac{35{,}536}{0{,}376s + 1} \tag{3}$$

Para o projeto do compensador de tensão foi utilizado um controlador PI para a função de regulação da tensão de saída. Assim quando a tensão de saída for menor que a tensão na entrada, deve-se aumentar a amplitude da referência de corrente, de modo a compensar, e manter a potência de saída constante. Como parte do projeto, definem-se os seguintes critérios de projeto:

- O zero do compensador (Z_{cv}) foi posicionado com o intuito de cancelar o polo da planta de tensão, sendo $\omega = 2{,}66$, assim garantindo uma margem de fase de 90º.
- O ganho do compensador (K_{pv}) foi estabelecido de forma a garantir a frequência cruzamento por zero especificada, de 12 Hz. Desta forma, assegura-se que a dinâmica da malha de tensão seja mais lenta do que a dinâmica da malha de corrente, ou seja, as malhas estão desacopladas em termos dinâmicos, resultando em um ganho igual a 25.

Dados os critérios de projeto, a função de transferência do compensador de tensão pode ser expressa por:

$$C_v(s) = K_{pv} \cdot \frac{(s + Z_{cv})}{s} = 25 \cdot \frac{(s + 2{,}66)}{s} \tag{4}$$

Por fim, para o projeto do filtro passa baixa presente na Fig. 2 foi estipulada uma frequência de corte em 3 Hz , a fim de atenuar as variações da tensão de entrada, e obter um sinal próximo ao valor médio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para validação do projeto do conversor Boost PFC foi realizada montagem do circuito na ferramenta computacional PSIM® conforme Fig. 5. Na simulação estão presentes o retificador composto por uma ponte de diodos, o conversor boost, e o circuito de controle.

Na simulação do conversor CC-CC Boost PFC foi possível verificar que os objetivos desejados foram alcançados com êxito, e que o método de controle por corrente média propiciou que a corrente no indutor (I_L) rastreasse a corrente

de referência (I_{ref}). Assim pode-se afirmar que a corrente de referência estando em fase com a corrente do indutor, garante que a corrente oriunda da rede (I_{rede}) também esteja em fase com a tensão da rede monofásica 220 V (V_{rede}). Pelo fato de V_{rede} e I_{rede} estarem em fase o resultado é a correção do fator de potência. Na Fig. 6 se faz uma comparação entre I_{ref} e I_L comprovando que as duas correntes possuem a mesma forma de onda. Também na mesma figura fica expresso que V_{rede} e I_{rede} estão em fase. Destaca-se que a corrente da rede foi multiplicada em dez vezes, para que fosse possível visualizar que essa corrente, está em fase com a tensão, sendo seu valor eficaz 4,41 A ou 6,3 A de pico, enquanto para a tensão seu valor eficaz é 220 V ou 311,13 V de pico (ambos os valores reais).

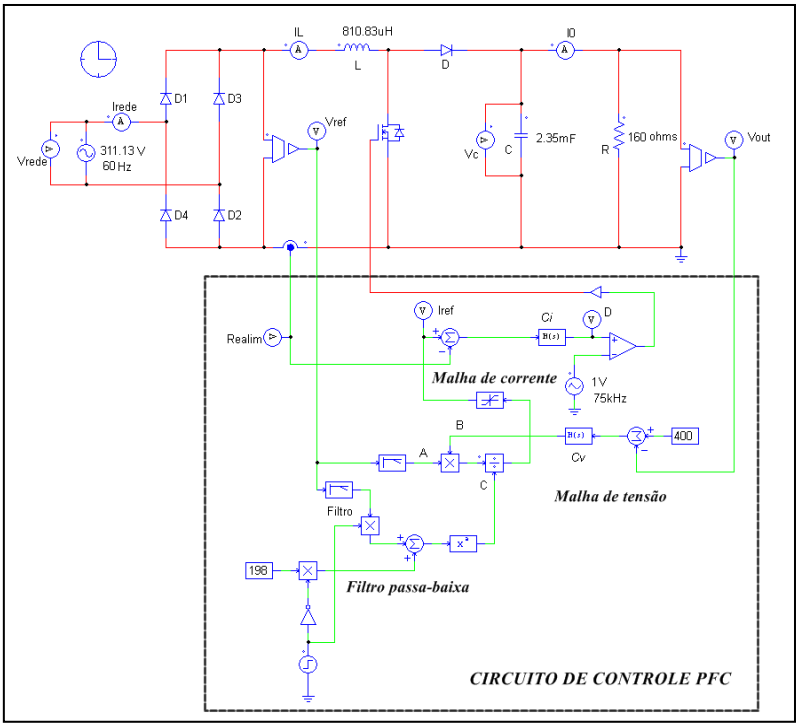


Figura 5. Diagrama de simulação do conversor Boost PFC no PSIM®.

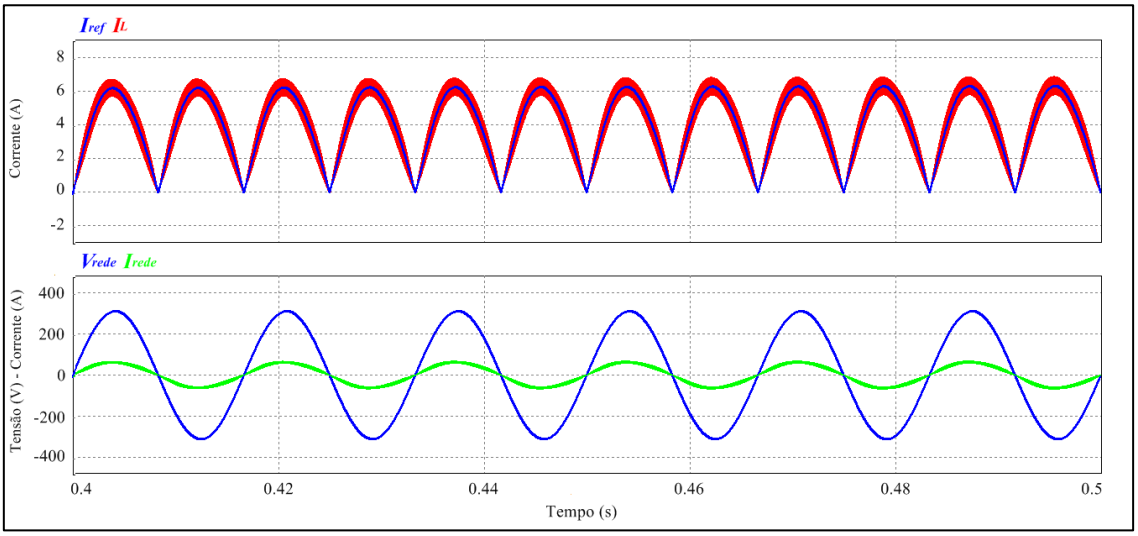


Figura 6. Comparação entre as formas de onda I_{ref} e I_L, V_{rede} e I_{rede}.

Posterior à análise do comportamento das grandezas de entrada do conversor, pode-se ressaltar o efeito global da correção do fator de potência pela Fig. 7, visando que a correção ocorreu de forma satisfatória, atingindo 0,9928, assim cumprindo com um dos objetivos deste trabalho.

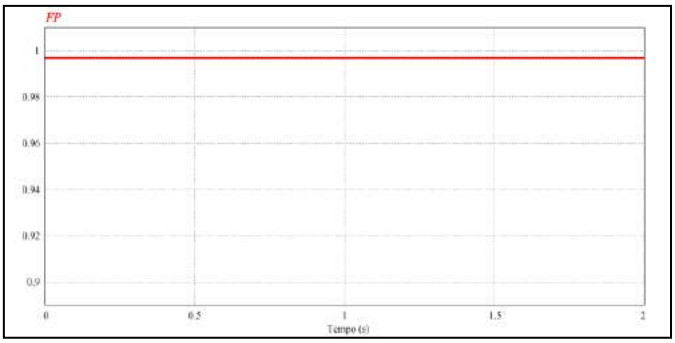


Figura 7. Gráfico do fator de potência.

Finalmente, para comprovação final dos resultados obtidos em simulação foi retirada à forma de onda da tensão na saída do conversor CC-CC, onde esta, ficou dentro das especificações de projeto, possuindo uma ondulação na tensão de saída de $5V$, após o término do transitório, ficando assim numa faixa aceitável dado fato que em projeto a ondulação adotada era de 10% da tensão de saída. Por fim, o valor absoluto de tensão na saída (V_{out}) convergiu para o valor de projeto de 400 V, como retrata a Fig. 8.

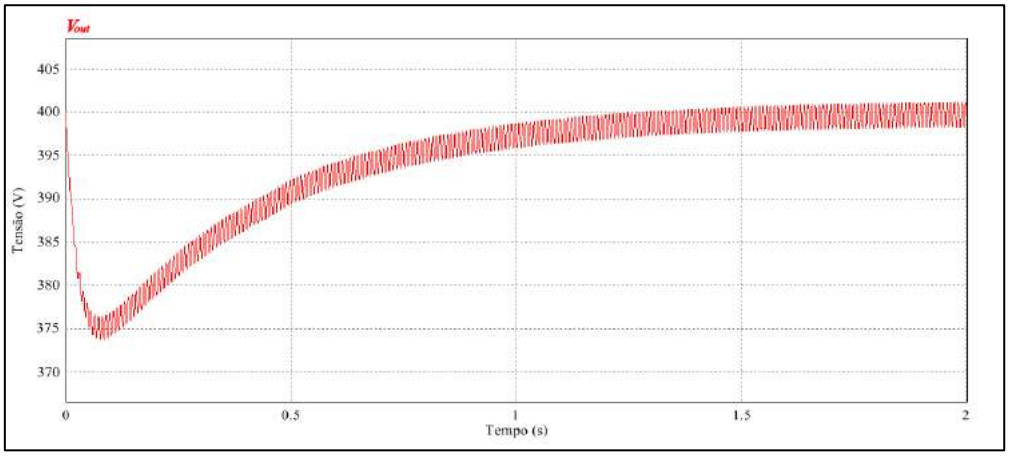


Figura 8. Tensão de saída do conversor Boost PFC.

4. CONCLUSÃO

Tendo em vista os aspectos analisados no decorrer do desenvolvimento do conversor Boost PFC, pode-se dizer que os mesmos foram comprovados pelas simulações. Neste sentido ficou comprovada a correção do fator de potência, por meio de simulação na ferramenta computacional PSIM® para próximo da unidade. Além disso, evidenciou-se a melhoria da distorção harmônica, onde foi possível anular quase que em sua totalidade as harmônicas impares da harmônica fundamental, sendo estas prejudiciais ao sistema de conversão, deteriorando a qualidade de energia. Logo, este trabalho demonstra sua relevância, pois o conversor Boost PFC foi capaz de corrigir as harmônicas impares de forma simples, sendo possível utiliza-lo numa vasta gama de aplicações.

5. REFERÊNCIAS

Beltrame, R. C. Projeto e Implementação de um Conversor Boost PFC CCM de 650 W com Entrada Universal de Tensão**.** Trabalho de Conclusão de Curso. UFSM, Santa Maria, 2008.

Roggia, L. Estudo, Controle e Implementação do Conversor boost PFC Operando no Modo de Condução Mista. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - UFSM, Santa Maria, 2009.

Silva, G. S. Projeto e Análise Teórico-Experimental de um Retificador Monofásico com Correção do Fator de Potência. Trabalho de conclusão de Curso. UNIPAMPA, Alegrete, 2011.

Todd, P. C. *UC3854 Controlled Power Factor Correction Circuit Design. Unitrode Application Note U-134*, 1999.

6. RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA EM SISTEMA TRIFÁSICO SIMPLES COM UTILIZAÇÃO DE ELEMENTOS CAPACITIVOS

Mariana Vargas
Rafaela Pollon
Guilherme Diego Bulau
Paula Renata Gresele
Rafael Pasa Binotto
Ricardo Arpini Souza
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS 331, nº345, Campus II, Bairro Demoliner, Erechim, RS, CEP 99700-000.
mariana-zv@hotmail.com
rafaelapollon17@hotmail.com
guidiego1997@hotmail.com
paulagresele19@gmail.com
rafaelpbinotto@hotmail.com
ricardoarpini@uricer.edu.br

Glênio Luis de Vasconcellos Rigoni
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil.
glenio.rigoni@uricer.edu.br

Resumo: *O presente artigo pretende apresentar uma revisão bibliográfica sobre o comportamento do fator de potência em um circuito alimentado por corrente trifásica, utilizando-se de componentes elétricos para tais observações. Através de simulações em laboratório foi possível observar as situações em que o fator de potência não sofreu alteração e em quais o mesmo variou. Dessa forma, modificando a montagem inicial foi possível analisar métodos para corrigir essa defasagem.*

Palavras-Chave: *Fator de potência, defasagem, voltagem, sistemas trifásicos.*

1. INTRODUÇÃO

Segundo o teórico Gussow (1985), um sistema trifásico é caracterizado por possuir três tensões iguais, porém defasadas em 120º; as três fases são conhecidas como R, S e T. Em um circuito fechado alimentado por um sistema trifásico o que poderá se alterar é a defasagem entre a tensão e a corrente; essa defasagem em termos de fasores trata-se de um ângulo θ. O cosseno de θ segundo Gussow (1985), denomina-se fator de potência.

A resolução normativa Nº 414, de 9 de setembro de 2010 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) determina que o limite mínimo para o fator de potência em circuitos indutivos ou capacitivos é de 0,92. Quando o mesmo estiver defasado, surge uma série de inconvenientes elétricos para a indústria e para a concessionária. Dentre as principais consequências do baixo fator de deslocamento (motores operando em vazio ou super dimensionados, transformadores operando em vazio, com pequenas cargas ou super dimensionados, grande quantidade de motores de pequenas potência e lâmpadas de descarga) alguns contratempos podem surgir e prejudicar o funcionamento dos sistemas (incremento nas perdas de potência, variação de tensões, sobrecarga da instalação, aumento dos desgastes nos dispositivos de proteção e manobra da instalação elétrica, aumento do investimento em condutores e equipamentos sujeitos a limitação térmica de corrente, saturação da capacidade dos equipamentos e dificuldades de regulação do sistema). A mesma resolução estabelece ainda que o fator de potência da unidade consumidora, para fins de cobrança, deve ser verificado pela distribuidora por meio de medição permanente, de forma obrigatória para o grupo A (indústrias e estabelecimentos comerciais de médio ou grande porte). As unidades consumidoras do grupo B (consumidor residencial, rural, estabelecimentos comerciais ou empresas de pequeno porte e iluminação pública) não podem ser cobradas pelo excedente de reativos devido ao baixo fator de potência.

Dadas as informações acima, observa-se a importância em possuirmos o conhecimento do que é o fator de potência, bem como, termos o entendimento do modo de corrigi-lo, para fins de evitar despesas desnecessárias, como por exemplo, o pagamento de penalidades impostas pela legislação, elevados índices e custos relacionados à manutenção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Silva Filho (2013) define potência como o valor que expressa a rapidez com que se pode produzir trabalho, tendo como unidade de medida no sistema internacional (SI) o watt (W). Para o presente trabalho cabe definirmos este termo, bem como as diferentes potências em um sistema trifásico, pois a potência é diretamente proporcional a tensão e a corrente aplicada sobre uma carga, consequentemente se houver uma defasagem, a potência do circuito também será afetada.

Ao trabalharmos com circuitos temos à disposição diversas possibilidades de ligações, as usadas neste trabalho foram as ligações: resistiva, a ligação RL (resistor e indutor) e a ligação RLC (resistor, indutor e capacitor).

Adicionando um indutor ao sistema, como ele se opõe à corrente, ele atrasará as três fases da corrente em relação à tensão. Já, ao adicionarmos um capacitor, como ele se opõe à tensão, ele atrasará as três fases da tensão em relação à corrente. Ao adicionarmos um resistor ao sistema, não causará defasagem específica na corrente ou na tensão.

Quando trabalhamos com um circuito totalmente resistivo, a corrente e a tensão estão em fase (SILVA FILHO, 2013). Logo, a potência é expressa conforme mostra a equação (1):

$$P = V.I \text{ [W]} \quad (1)$$

Onde V indica a tensão e I indica a corrente, com a potência medida em watts.

Quando passamos a utilizar de componentes como indutores e/ou capacitores criamos defasagens entre tensão e corrente e consequentemente isso terá influência direta na potência, surgindo assim três potências derivadas conforme o teórico Gussow (1985):

- Potência real que consiste na potência que efetivamente produz trabalhos úteis.
- Potência reativa que se trata da potência utilizada para criar o fluxo magnético necessário ao funcionamento dos equipamentos industriais (motores, transformadores, reatores, etc.).
- Potência aparente que é a soma das potências ativa e reativa; essa potência é a potência vendida pelas concessionárias.

Pelo fato de estarmos trabalhando com sistema trifásico, Gussow (1985) deduz as seguintes expressões:
Potência real (2):

$$P = \sqrt{3}V.I.cos\ \theta \text{ [W]} \quad (2)$$

Onde V indica a tensão, I indica a corrente e θindica o ângulo. A potência reativa (3) é dada por:

$$Q = \sqrt{3}V.I.sin\ \theta \text{ [VAr]} \quad (3)$$

Onde os componentes da fórmula já foram citados anteriormente. A potência aparente (4):

$$S = 3.V.I \text{ [VA]} \quad (4)$$

E o fator de potência (5):

$$FP = cos\ \theta \quad (5)$$

2.1 Experimento

Seguindo o Manual do KIT Anzo, o experimento foi dividido em duas etapas:

2.1.1 Montagem do circuito resistivo

Primeiramente foi realizada a montagem de acordo com a Fig. 1. Onde o circuito foi alimentado com tensão 220 V trifásica, e nele estavam acoplados somente cargas resistivas (3 lâmpadas de 220V - 40W). Após ser realizada a montagem fez-se as anotações necessárias.

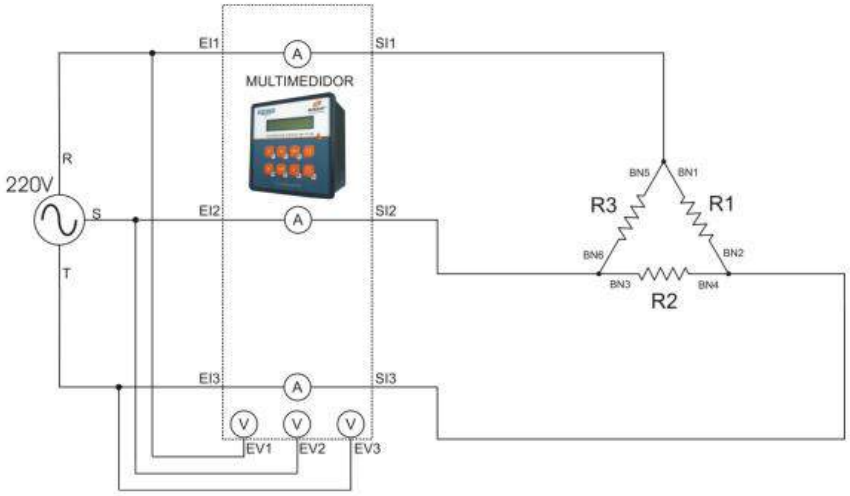


Figura 1. Esquema de montagem - circuito resistivo.

2.1.2 Montagem do circuito RLC

Em um segundo momento foi realizada a montagem de acordo com a Fig. 2. Onde de igual modo a montagem anterior o circuito foi alimentado com tensão 220 V trifásica. Neste sistema foram ativadas as cargas indutivas e capacitivas gradualmente seguindo o esquema detalhado a seguir:

2.1.2.1 Anotações dos dados com 1 fileira de lâmpadas e o motor

Coleta de dados com 1 fileira de lâmpadas (220V - 40W) e o motor (este atuou como um indutor com as especificações conforme a Fig. 3). O motor operou em vazio.

2.1.2.2 Anotações dos dados com 3 fileiras de lâmpadas, o motor e 2 capacitores diferentes

Coleta de dados com 3 fileiras de lâmpadas (220V - 40W), o motor, 1 capacitor de 5µF e 1 capacitor de 10µF.

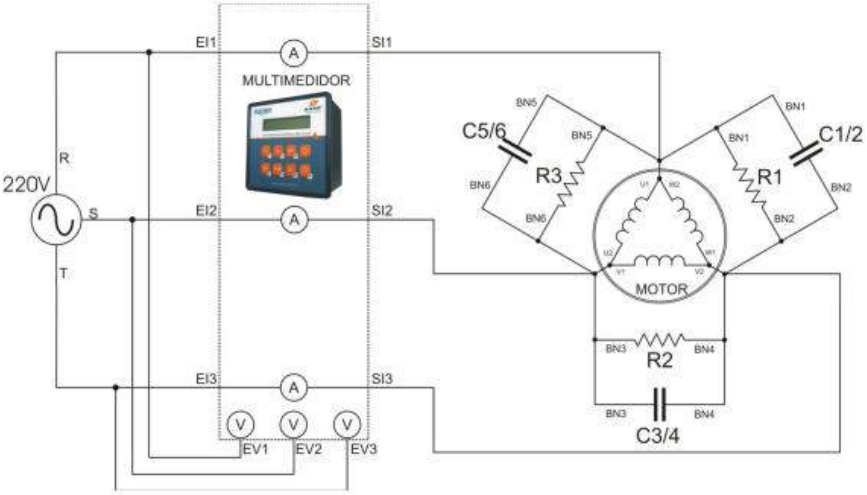


Figura 2. Esquema de montagem - circuito RLC.

Figura 3. Especificações do motor utilizado como indutor.

3. Análise dos resultados

Os circuitos realizados foram alimentados com tensão trifásica de 220V. Porém, ao medirmos as tensões de fase entre os terminais de saída de tensão com o uso de um multímetro, obteve-se os seguintes valores:

- RS: 212,8 V
- ST: 211,9 V
- RT: 213 V

Segundo Gussow (1985), os circuitos alimentados possuem tensão de linha e tensão de fase iguais.
Para comparação de resultados, mediu-se o valor do fator de potência do motor atuando em vazio, obtendo assim:

- R: 0,451
- S: 0,339
- T: 0,307

Posteriormente realizou-se as medições com multimedidor do kit de montagem, para cada circuito analisado. Os resultados das medições realizadas sobre a montagem do item 2.1.1 estão apresentadas na Tab. 1, os resultados da montagem do item 2.1.2.1 estão descritos na Tab. 2 e os resultados do item 2.1.2.2 constam na Tab. 3.

Tabela 1. Resultados encontrados com ligação resistiva de três fileiras de lâmpadas.

Fase	Corrente (A)	Potência Ativa (W)	Potência Reativa (Var)	Potência Aparente (Va)	Fator de Potência
1	1,02	0,3	0,3	6,2	0,9999
2	0,96	0,3	0,3	6,2	0,9999
3	0,95	0,3	0,3	6,2	0,9999

Tabela 2. Resultados encontrados com ligação RL de uma fileira de lâmpada e um motor.

Fase	Corrente (A)	Potência Ativa (W)	Potência Reativa (Var)	Potência Aparente (Va)	Fator de Potência
1	1,76	0,2	0,5	0,6	0,530
2	1,65	0,2	0,5	0,6	0,421
3	1,63	0,2	0,5	0,6	0,422

Tabela 3. Resultados encontrados com ligação RCL de três fileiras de lâmpadas, um motor e dois capacitores.

Fase	Corrente (A)	Potência Ativa (W)	Potência Reativa (Var)	Potência Aparente (Va)	Fator de Potência
1	1,59	0,5	0,5	0,1	0,947
2	1,50	0,5	0,5	0,1	0,936
3	1,55	0,5	0,5	0,1	0,937

4. CONCLUSÃO

Na primeira montagem onde foi realizada a ligação puramente resistiva, independentemente do número de fileiras de lâmpadas encontramos valores ótimos de fator de potência, em torno de 0,999 para cada um. Concluímos, através das referências bibliográficas e do experimento, que sempre que tivermos apenas carga resistiva não teremos defasagem e o valor de potência reativa será mínimo, sem perdas.

Em seguida, quando foi realizada a ligação RL, com um motor funcionando como um indutor, este ligado à uma fileira de lâmpadas (resistores), todos os valores encontrados foram insuficientes para um bom fator de potência. Na montagem era possível fazer a inclusão de uma ou duas fileiras com três lâmpadas, onde cada fileira de lâmpada adicional era ligada em paralelo à fileira existente. Ao acrescentarmos uma fileira ou duas, o fator de potência aumentou, porém, esse valor ainda se manteve extremamente baixo, pela falta de equilíbrio entre indutores e capacitores.

Levando isso em conta, o sistema foi ligado a um capacitor e a três fileiras de lâmpada; o fator de potência encontrado foi em torno de 0,840. Nessa situação notamos ser necessária uma correção com a adição de mais capacitores, uma vez que o valor encontrado não atende às exigências mínimas das concessionárias de energia elétrica. Ao fazermos a ligação do segundo capacitor ao sistema, já possuindo um motor, resistores e um capacitor, foram encontrados valores acima dos 0,92 exigidos, um parâmetro aceitável.

Como já foi citada a importância desse controle, além da preocupação com os pagamentos de taxas, a relevância de manutenção preventiva e periódica é evidente; para realização dessa manutenção alguns itens a serem seguidos são: limpeza completa do painel, desobstrução do sistema de ventilação com eventual troca dos filtros, reaperto dos contatos elétricos e mecânicos, medições dos níveis de tensão, corrente e temperatura, medição da capacitância dos módulos capacitivos em comparação com os valores nominais, teste do sistema do comando, verificação das chaves comutadoras, verificação dos contatores, inspeção nas chaves de acionamento, inspeção do programador cíclico ou controlador do fator de potência.

Findando, notamos como é feita a correção do fator de potência de um circuito indutivo (ligação item 2.1.2.2) com o acréscimo de capacitores. Concluímos que para a correção do fator de potência, o processo consiste em adicionarmos capacitores se o circuito for indutivo ou adicionarmos indutores se o circuito for capacitivo. A correção pode também ser realizada através da troca/substituição dos equipamentos ou componentes que apresentam um baixo fator de potência, sendo o sistema de correção com capacitores implementado quando a situação anterior não pode ser aplicada ou se tornou ineficaz.

5. REFERÊNCIAS

Silva Filho, Matheus Teodoro da, 2013. *Fundamentos de eletricidade*. LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

Gussow, Milton, 1985. *Eletricidade básica.* McGraw-Hill do Brasil, Ltda. São Paulo - SP, Brasil.

ANEEL, 2013. *"Resolução Normativa Nº 574"*. 20 Ago. 2013. <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2013574.pdf>

ANEEL, 2010. *"Resolução Normativa Nº 414"*. 09 Set. 2010. <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>

ANZO, Controles elétricos. *Carga resistiva 220V trifásico, carga indutiva trifásica dupla e carga capacitiva trifásica*. (Apostila). São Paulo, 2015.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são responsáveis pelo material impresso neste documento.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DISPOSITIVO DE BIOSENSORIAMENTO FUNCIONALIZADO COM PEROXIDASE DE FONTE VEGETAL: CARACTERIZAÇÃO POR AFM

Daniela Kunkel Muenchen
Janine Martinazzo
Alexandra Nava Brezolin
Aline Andressa Rigo
Alana Marie de Cezaro
Mateus Nava Mezaroba
Alexandra Manzoli
Clarice Steffens
Juliana Steffens
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI - Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil
danimuenchen@yahoo.com.br, janinemartinazzo@yahoo.com.br, alexandra.nava@gmail.com, aline.andressa@hotmail.com, alana.cezaro@gmail.com, mateusmezaroba@hotmail.com, alexxiamanzoli@gmail.com, clarices@uricer.edu.br, julisteffens@uricer.edu.br

Fabio de Lima Leite
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar - Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos, km 110, Sorocaba - SP, CEP 18052780, Brasil
fabioleite@ufscar.br

Resumo. *O objetivo do presente trabalho é utilizar a técnica de microscopia de força atômica (AFM) para avaliar a funcionalização da superfície de um biossensor com peroxidase de fonte vegetal. Para isso, por intermédio de imagens feitas no microscópio de força atômica com auxílio de cantilever, a morfologia e a rugosidade da superfície de placas de silício foram investigadas antes e após a deposição, em sequência, das camadas de ouro, ácido 16-mercaptohexadecanoico, EDC/NHS e extrato bruto de abobrinha (Cucurbita pepo), que foi utilizado como fonte vegetal da enzima peroxidase e obtido por um método de extração de baixo custo. A técnica de funcionalização de monocamadas automontadas (SAM) permite a imobilização do elemento biológico por meio da utilização de agentes de reticulação (EDC/NHS) pela ligação covalente com moléculas de alcanotiois. Pelas imagens topográficas observou-se a formação de agrupamentos no formato de colunas, típicos da funcionalização por SAM, enquanto que os valores de rugosidade foram alterados com cada camada depositada. Isso permite concluir que ocorreu a deposição de camadas sobre a superfície do silício, ou seja, que a superfície foi funcionalizada, e que assim pode ser utilizada como uma camada sensora na detecção de poluentes ambientais.*

Palavras-chave: *biossensores, monocamadas automontadas, topografia, rugosidade*

1. INTRODUÇÃO

Os dispositivos de sensoriamento, como os biossensores, que contêm um componente de reconhecimento biológico (enzimas, anticorpos, antígenos, células, etc.) diretamente acoplado a um transdutor (Colomer-Farrarons *et al.*, 2011), são uma alternativa interessante para detecção de poluentes aquáticos, como pesticidas (Songa e Okonkwo, 2016).

O elemento biológico deve ser escolhido de acordo o analito ou grupo similar de analitos (Arugula e Simonian, 2014), onde as enzimas são um dos elementos biológicos mais utilizados em biossensores, em razão da sua especificidade, seletividade e da grande variedade disponível (Rebollar-Pérez *et al.*, 2015). Além disso, algumas enzimas, como a peroxidase, são amplamente encontradas em tecidos vegetais (rabanete, abobrinha, batata doce, etc.), sendo seu procedimento de extração fácil, rápido e de custo reduzido (Fatibello Filho e Vieira, 2002). Esta enzima, por exemplo, tem sua atividade inibida na presença do glifosato, principal herbicida utilizado em culturas agrícolas atualmente (Songa *et al.*, 2009).

A etapa chave na construção do biossensor é ligar quimicamente a sua superfície uma camada de moléculas, cujos grupos funcionais reajam com o elemento biológico escolhido, de forma a imobilizá-lo na superfície, o que é chamado de funcionalização. Uma das técnicas que podem ser empregadas é a de monocamadas automontadas (SAM),

caracterizada pela formação espontânea de camadas ordenadas e organizadas sobre uma superfície sólida, por meio de interação entre grupos químicos (Awasthi *et al.*, 2016).

Entretanto, é crucial realizar análises que confirmem que as etapas utilizadas na funcionalização foram bem sucedidas, ou seja, que o elemento biológico está imobilizado na superfície do transdutor, onde para isso podem ser realizadas análises topográficas por meio da técnica de microscopia atômica (AFM).

Nessa análise, a ponta do cantilever realiza uma varredura na superfície da placa para medir sua morfologia. A mudança na altura da superfície é medida pela localização do feixe de laser refletido no fotodetector, o que gera um mapa topográfico da superfície, permitindo assim calcular os valores de rugosidade superficial (Goddard e Hotchkiss, 2007).

Deste modo, o objetivo do presente estudo foi utilizar a técnica de AFM para avaliar a funcionalização da superfície do biossensor com peroxidase de fonte vegetal, projetando assim, uma camada sensitiva para sensores de monitoramento de pesticidas em água.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Obtenção do extrato bruto de abobrinha

O extrato bruto de abobrinha (*Cucurbita pepo*) foi obtido em solução tampão fosfato de sódio 0,1M pH 7,0, segundo metodologia de Oliveira *et al.* (2012), e utilizado como fonte vegetal da enzima peroxidase.

2.2 Funcionalização

A funcionalização foi realizada em placas de silício (1 cm^2), onde foi depositada uma camada de 20 nm de ouro por meio da técnica *Sputtering*.

Após lavagem com álcool isopropílico (2 min), as placas foram submetidas ao procedimento de funcionalização, de acordo com Velanki e Ji (2006) com modificações, consistindo das seguintes etapas:

1ª Etapa: Imersão em uma solução de ácido 16-mercaptohexadecanoico (ácido 16-MHD) (Sigma Aldrich) 2mM em meio etanólico, por overnight (16h), seguida de lavagem com água Milli-Q.

2ª Etapa: Imersão em uma mistura de N-(3-dimetilaminopropil)-N'-etilcarbodiimida (EDC) (Sigma Aldrich) 1mM / N-hidroxisuccinimida (NHS) (Sigma Aldrich) 1mM na razão 4:1 (v/v) durante 10 min, seguida de lavagem com água Milli-Q.

3ª Etapa: Imersão no extrato bruto de abobrinha, contendo 1550 unidades de peroxidase, durante 10 min, seguida de lavagem com solução tampão fosfato de sódio 0,1M pH 7,0.

Após cada etapa da funcionalização, a superfície da placa foi seca em temperatura de 20ºC.

2.3 Caracterização da superfície por microscopia de força atômica

Por meio de um microscópio de força atômica (EasyScan 2 FlexAFM System, Nanosurf), utilizando um cantilever de silício, modelo Tap-150-G (BudgetSensors), de frequência de ressonância de 150 (±75) kHz e constante de mola de 5 (1,5-15) N/m, foram realizadas imagens da superfície da placa antes e após cada etapa da funcionalização para avaliar a topografia e a rugosidade.

Todas as imagens foram obtidas em modo dinâmico, em uma área de 25 μm^2, com resolução de 515 x 512 pontos e velocidade de varredura de 0,8 a 0,9 s/linha, realizada no modo *tapping*.

O *software* de análise de dados Gwyddion (Versão 2.45) foi utilizado para processar as imagens e para o cálculo da rugosidade Rms (raiz quadrada da média da rugosidade). Rms é uma função da média do desvio dos picos e vales presentes no perfil da superfície do material (Leite *et al.*, 2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na técnica de SAM empregada, a superfície de silício foi modificada com ouro para permitir a ligação com o grupo tiol (-SH) do ácido 16-MHD, já que o enxofre apresenta alta afinidade pelo ouro. O grupo carboxílico (COOH) presente na outra extremidade do ácido 16-MHD reage com a amina primária, oriunda da peroxidase, formando uma ligação amida, sendo que para aumentar a eficiência dessa ligação foram usados os agentes de reticulação EDC/NHS. O EDC possui a função de ativar os grupos carboxílicos, formando o intermediário o-acilisoureia, que reage com o NHS produzindo o éster de NHS, responsável por reagir com aminas primárias, que se ligam diretamente ao COOH (Hermanson, 2013; Lang *et al.* 2010).

A Fig. 1 e a Tab. 1 apresentam, respectivamente, as imagens de topografia em 2D e os valores de rugosidade Rms da superfície durante as etapas de funcionalização.

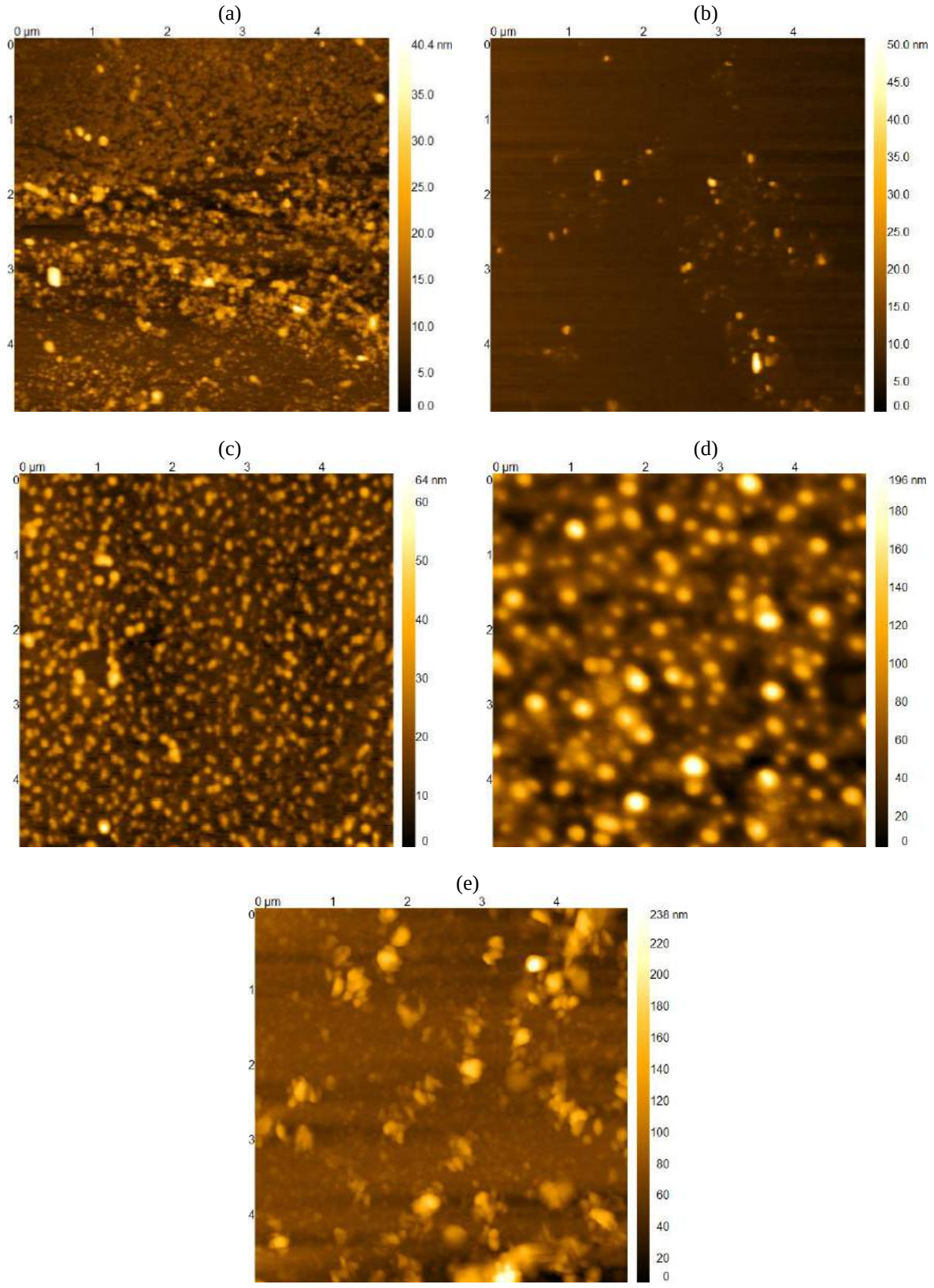


Figura 1. Imagens 2D da superfície durante as etapas de funcionalização. (a) Silício, (b) Silício + Ouro, (c) Silício + Ouro + Ácido 16-MHD, (d) Silício + Ouro + Ácido 16-MHD + EDC/NHS, (e) Silício + Ouro + Ácido 16-MHD + EDC/NHS + Peroxidase.

É possível observar pela Fig. 1 que existem diferenças na topografia entre as etapas de funcionalização da superfície. O substrato de silício (Fig 1.a) apresenta uma superfície com domínios dispersos, enquanto que a camada contendo ouro (Fig. 1.b) exibe uma superfície mais lisa. Na superfície funcionalizada com ácido 16-MHD (Fig 1.c) e EDC/NHS (Fig. 1.d) verifica-se agrupamentos em formato de coluna, típicos da funcionalização por SAM, como os relatados por Steude *et al.* (2011). Com a adição do extrato bruto de abobrinha, fonte de peroxidase (Fig. 1.e), observa-se que a superfície tornou-se mais homogênea, com número menor de agrupamentos.

Tabela 1. Valores da raiz quadrada da média da rugosidade (Rms) da superfície durante as etapas de funcionalização.

Etapa	Rms (nm)[1]
Silício (sem funcionalização)	3,61 ± 0,52
Silício + Ouro	2,14 ± 0,20
Silício + Ouro + Ácido 16-MHD	6,35 ± 0,04
Silício + Ouro + Ácido 16-MHD + EDC/NHS	27,02 ± 0,82
Silício + Ouro + Ácido 16-MHD + EDC/NHS + Peroxidase	18,27 ± 0,31

(1) Média (3 repetições) ± Desvio padrão

Por meio da Tab. 1 observa-se que a deposição da camada de ouro diminuiu a rugosidade da superfície de 3,61 (±0,52) nm para 2,14 (±0,20) nm. Como por meio da técnica de *Spputering* pode haver a deposição de átomos de ouro sob a forma de conglomerados (Rodrigues, 2015), possivelmente esses conglomerados se depositaram nas regiões de vale, o que tornou a superfície mais lisa (Fig. 1.b). Yu-Cheng *et al.* (2008) ao desenvolverem um biossensor óptico, também citam uma rugosidade baixa, cerca de 1-2 nm, para a camada de ouro depositada pela técnica de *Spputering* sobre uma superfície de silício.

A deposição da camada de ácido 16-MHD levou ao aumento da rugosidade da superfície para 6,35 (±0,04) nm, em razão do ácido 16-MHD ser uma molécula de cadeia longa. Quando se adicionou a mistura dos agentes de reticulação EDC/NHS houve um aumento da rugosidade da superfície para 27,02 (±0,82) nm. Estes aumentos da rugosidade podem ser devido à ocorrência de alterações nos grupos funcionais que ficam expostos na superfície, ou seja, da mudança do ouro para o ácido carboxílico e, após, para o éster de NHS, conforme também relatou Kim *et al.* (2015) ao realizar a deposição das camadas de ácido 11-mercaptoundecanoico e EDC/NHS sobre uma superfície de ouro.

A deposição, em seguida, do extrato bruto de abobrinha, fonte enzimática de peroxidase, reduziu a rugosidade da superfície para 18,27 (±0,31) nm. Essa diminuição da rugosidade indica a formação de uma camada de preenchimento, a qual preencheu os espaços vazios, formando assim uma superfície mais homogênea (Fig 1.e). A deposição de enzima como camada de preenchimento também foi observada por Alonso *et al.* (2016), quando a glucose oxidase foi imobilizada por meio de SAM baseada em alcenos sobre uma superfície de platina oxidada para a construção de um biossensor.

Desta forma, a diferença na topografia e nos valores de rugosidade da superfície são um indicativo de que ocorreu a deposição de camadas sobre a superfície do silício, sugerindo assim que a funcionalização com peroxidase de fonte vegetal foi realizada de forma eficiente.

4. CONCLUSÕES

Por meio da técnica de AFM observou-se alterações na topografia durante as etapas de funcionalização bem como que os valores de rugosidade foram diferentes para cada camada depositada, o que permite concluir que ocorreu a deposição de camadas sobre a superfície do silício, resultando na imobilização da peroxidase de fonte vegetal. Desta forma, tal método de funcionalização pode ser empregue na superfície de dispositivos de forma a desenvolver biossensores para a detecção de poluentes ambientais, como do pesticida glifosato.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes, CNPq e Finep pelo auxilio financeiro; Embrapa Instrumentação – São Carlos e URI – Erechim pela infraestrutura disponibilizada na realização da pesquisa e ao Prof. Dr. Rubens Bernardes Filho, da Embrapa Instrumentação (Cnpdia), pelas contribuições com as imagens de AFM.

6. REFERÊNCIAS

Alonso, J.M., Bielen, A.A.M., Olthuis, W., Kengen, S.W.M., Zuilhof, H. e Franssen, M.C.R., 2016. “Self-assembled monolayers of 1-alkenes on oxidized platinumsurfaces as platforms for immobilized enzymes for biosensing”. *Applied Surface Science*, Vol. 383, p. 283.

Arugula, M.A. e Simonian, A., 2014. “Novel trends in affinity biosensors: current challenges and perspectives”. *Measurement Science and Technology*, Vol. 25, p. 1.

Awasthi, A.P., Grady, M.E., Kim, I.H., Sottos, N.R. e Geubelle, P.H., 2016. "Nanoscale mechanical tailoring of interfaces using self-assembled monolayers". *Mechanics of Materials*, Vol. 98, p. 71.

Colomer-Farrarons, J., Miribel-Català, P.L., Rodríguez Villarreal, A. I. e Samitier, J., 2011. "Portable Bio-Devices: Design of Electrochemical Instruments from Miniaturized to Implantable Devices". In: *New Perspectives in Biosensors Technology and Applications*. InTech, Rijeka.

Fatibello-Filho, O. e Vieira, I.C., 2002. "Uso analítico de tecidos e de extratos brutos vegetais como fonte enzimática". *Química Nova*, Vol. 25, p. 455.

Goddard, J.M. e Hotchkiss, J.H., 2007. "Polymer surface modification for the attachment of bioactive compounds". *Progress in Polymer Science*, Vol. 32, p. 698.

Hermanson, G.T., 2013. "Zero-Length Crosslinkers". *Bioconjugate Techniques*. Academic Press, Tóquio, 3ª edição.

Kim, H.H., Jeon, H.J., Cho, H.K., Cheong, J.H., Moon, H.S. e Go, J.S., 2015. "Highly sensitive microcantilever biosensors with enhanced sensitivity for detection of human papilloma virus infection". *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 221, p. 1372.

Lang, H.P., Hegner, M. e Gerber, C., 2010. "Nanomechanical Cantilever Array Sensors". In: *Springer Handbook of Nanotecnology*, Springer, Heidelberg.

Leite, F.L., Paterno, L.G., Borato, C.E., Herrmann, P.S.P., Oliveira, O. N. e Mattoso, L.H.C., 2005. "Study on the adsorption of poly(o-ethoxyaniline) nanostructured films using atomic force microscopy". *Polymer*, Vol. 46, p. 12503.

Oliveira, G.C., Moccelini, S.K., Castilho, M., Terezo, A.J., Possavatz, J., Magalhães, M.R.L. e Dores, E.F.G.C., 2012. "Biosensor based on atemoya peroxidase immobilised on modified nanoclay for glyphosate biomonitoring". *Talanta*, Vol. 98, p. 130.

Rebollar-Pérez, G., Campos-Teran, J., Ornelas-Soto, N., Mendez-Albores, A. e Torres, E., 2015. Biosensors based on oxidative enzymes for detection of environmental pollutants. *Biocatalysis*, v. 1, p. 118.

Rodrigues, L.F., 2015. *Desenvolvimento de Nanobiossensores Utilizando Cantileveres Inteligentes Para Detecção do Herbicida Mesotriona e do Vírus da Tristeza dos Citros.* Dissertação, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba.

Songa, E.A., Arotiba, O.A., Owino, J.H.O., Jahed, N., Baker, P.G.L. e Iwuoha, E.I., 2009. "Electrochemical detection of glyphosate herbicide using horseradish peroxidase immobilized on sulfonated polymer matrix". *Bioelectrochemistry*, Vol. 75, p. 117.

Songa, E.A. e Okonko, J.O., 2016. "Recent approaches to improving selectivity and sensitivity of enzyme-based biosensors for organophosphorus pesticides: A review". *Talanta*, Vol. 155, p. 289.

Steude, A., Schmidt, S., Robitzki, A.A. e Pänke, O., 2011. "An electrode array for electrochemical immuno-sensing using the example of impedimetric tenascin C detection". *Lab on a Chip*, Vol. 11, p. 2884.

Velanki, S. e Ji, H.-F., 2006. "Detection of feline coronavirus using microcantilever sensors". *Measurement Science and Technology*, Vol. 17, p. 2964.

Yu-Cheng, L., Yu-chia, T.,Woo-Hu, T.,Tsui-Shan, H., Ko-Shao, C. e Shu-Chuan, L., 2008. "The enhancement method of optical fiber biosensor based on surface plasmon resonance with cold plasma modification". *Sensors and Actuators B*, Vol. 133, p. 370.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

Bancada para Simulação de Coordenação e Seletividade em Redes de Distribuição

Rodrigo Donzelli
Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo - RS
rodrigodonzelli@live.com

Sérgio Bordignon
Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo - RS
sbordignon@upf.br

Resumo. *O intuito deste trabalho consiste no desenvolvimento de um simulador para estudo de coordenação e seletividade através de relés digitais. Neste simulador foi instalado um autotransformador variável para ajuste da tensão de operação da linha de distribuição. Também, foi elaborado um simulador de redes de distribuição, dotado de indutâncias e resistências variáveis, com finalidade de reproduzir a variação do comprimento destas redes. O chaveamento das impedâncias de curto-circuito está sendo realizada em extra baixa tensão. Os dois tipos de falhas que podem ser simuladas são: sobrecarga e curto-circuito. O monitoramento de sobrecorrente está sendo realizado por meio de relé digital com funções de proteção por sobrecorrente instantânea e temporizada de fase e neutro. Para o projeto dos elementos que constituem a bancada, foi necessário aplicar o fator de redução em uma escala calculada para ser possível a analogia com o sistema real. A fonte projetada apresentou-se estável. Foi possível ensaiar com êxito a coordenação e seletividade através do funcionamento das curvas de proteção Normalmente Inversa (NI), Muito Inversa (MI), Extremamente Inversa (EI) e instantâneo dos relés de sobrecorrente na relação de tempo x corrente para o sistema de proteção em unidades consumidoras a partir da bancada construída.*

Palavras-Chave: *Coordenação, Seletividade, Relé Digital de Proteção.*

1. INTRODUÇÃO

Segundo estatísticas o consumo de energia elétrica é um forte indicador do quão saudável está a cadeia produtiva e econômica de um país, região ou indústria. Devido a sua grande importância, é de extrema responsabilidade das companhias de energia garantir a continuidade do serviço de forma a transportar da melhor forma possível, através de um sistema interligado, a maior quantidade de energia possível. No entanto, ao longo das extensas redes de distribuição estão ligados consumidores que possuem grande potência instalada, podendo ser estes os causadores das maiores falhas no sistema que impactam diretamente nos indicadores de qualidade das concessionárias de energia.

Consumidores que necessitam de subestação acima de 300 kVA são obrigados por normativas vigentes a instalar disjuntor de média tensão comandado por relé de monitoramento para proteção de eventual falha ou também denominado de falta, que pode ter origem em um curto-circuito ou uma sobrecorrente. Os parâmetros dos relés precisam estar ajustados conforme tipo de monitoramento desejado, ou seja, devem estar com seus ajustes coordenados e seletivos aos demais equipamentos de proteção instalados no decorrer da rede, como por exemplo, relés, fusíveis e religadores da concessionária de energia.

Os equipamentos que serão instalados nas cabines primárias precisam ser selecionados de forma correta, quer seja, fusível ou disjuntor de média tensão dotado de relé secundário.

Além da escolha do equipamento, também é necessário fazer a parametrização do relé de sobrecorrente, conforme tipo de curva de atuação, tempo e corrente. Esses dados devem ser corretamente calculados, conforme informação do ponto de entrega fornecida pela distribuidora de energia, quanto aos valores da corrente de curto-circuito, tensão e curva do dispositivo à montante da instalação do equipamento de monitoração novo a ser instalado. Isso é essencial para através dos cálculos realizados, fazer a programação do sistema, para que atue de forma seletiva e coordenada e assim isolar a falha sem prejudicar terceiros.

2. DESENVOLVIMENTO

Dentre os objetivos traçados para realização deste trabalho estão:

- Estudar falhas por sobrecarga e curto-circuito, em especifico fazer os ajustes das curvas inversas de tempo x corrente e instantâneo em relés de sobrecorrentes digitais, focado no sistema de proteção entre consumidor final e concessionária de energia;
- Projetar uma bancada para simulação de coordenação e seletividade composta por fonte, simulador de rede (curta, média e longa), transformador, cargas, sensores de corrente e relés digitais, análoga ao sistema elétrico real;
- Montar e realizar ensaios comprobatórios para atuações das curvas de tempo inverso e instantâneo e confrontar com os resultados previamente calculados.

2.1 Fundamentação teórica

Os sistemas de distribuições primários são circuitos em média tensão (MT), que fazem a ligação da subestação de distribuição aos transformadores de distribuição de propriedade da distribuidora de energia ou consumidor final de áreas urbanas e/ou rurais (KAGAN, 2010). O sistema de distribuição opera na faixa de tensão entre 2,3 kV a 34,5 kV, sendo as tensões de 13,8 kV e 23,1 kV são as mais usuais.

Os equipamentos de proteção obrigatórios estão especificados nos modelos de configuração disponíveis em normativas de concessionárias de energia, para tanto é importante salientar que a NBR 14039 e as resoluções da ANEEL trazem como obrigatoriedade a instalação de um disjuntor de média tensão para subestações com capacidade de carga acima de 300 kVA ou com mais de um posto de transformação, quando sua soma de potência ultrapassar 300 kVA. Neste caso é exigido pela distribuidora de energia local o estudo de coordenação e seletividade entre os dispositivos de proteção de média tensão e o sistema elétrico da concessionária de energia (NBR 14039, 2005).

Os curtos-circuitos são eventos resultantes de um defeito na isolação de algum ponto do sistema com tensão aplicada, o que pode gerar valores de corrente extremamente elevados, capazes de provocar danos irreversíveis ao sistema se não houver uma correta atuação do sistema de proteção (MAMEDE FILHO, 2013). O curto-circuito causa perturbação na rede próxima ao ponto de falha ocasionando uma queda de tensão brusca. Os conhecimentos dos valores das correntes de curto-circuito são indispensáveis, para o correto dimensionamento de cabos, barramentos, dispositivos de interrupção e proteção, e consequentemente suas parametrizações (SCHNEIDER, 2008). O curto-circuito pode se caracterizar de diversas formas conforme especificações a seguir, sendo que, o método para obtenção das correntes de curto-circuito no sistema radial é simples, pois consiste em obter o circuito equivalente de Thévenin com a impedância acumulada desde a geração até o ponto requerido (KINDERMANN, 1997). O sistema de energia radial é o tipo de sistema em que a energia elétrica trafega num só sentido (KINDERMANN, 1999).

As sobrecargas podem ser causadas pelo aumento de cargas ligadas a uma rede ou pelo aumento de potência absorvida por determinado elemento da instalação. Este tipo de falha gera elevação da temperatura, o que pode ser um efeito destruidor para isolação e longevidade dos equipamentos (SCHNEIDER, 2008). A sobrecarga faz com que se tenha uma intensidade de corrente acima da permitida em longa duração para um sistema, equipamento ou componente elétrico (CPFL, 2016a).

O modelamento proposto é o de impedância em série (KINDERMANN, 1997), cujo circuito equivalente por fase está representado pela Fig. 1. As redes de distribuição com média tensão 13,8 kV e 23,1 kV, comumente possuem extensões menores que 80 km, então são consideradas linhas curtas. A especificação de rede curta, média e longa no decorrer deste trabalho é a característica peculiar de comprimento dentro desta característica resistiva (RLT) e indutiva (jXLT) resultando a impedância (ZLT).

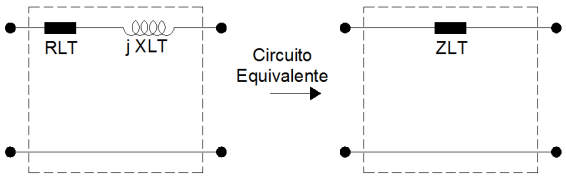


Figura 1. Circuito equivalente RL em linha de distribuição.

Os relés secundários de sobrecorrente devem ser dotados das funções 50/51 e 50/51N, que tratam de sobrecorrentes temporizadas e instantâneas. Também, é necessário fazer com que a bobina do disjuntor seja acionada por uma fonte de energia independente (MAMEDE FILHO, 2013). A função de proteção e o seu código numérico correspondente estão contempladas na tabela da American National Standards Institute (ANSI). A função 50 significa proteção contra sobrecorrente instantânea de fase e a função 51 a proteção contra sobrecorrente temporizada de fase, enquanto que, a função 50N significa função de sobrecorrente instantânea de neutro e 51N significa função de sobrecorrente temporizada de neutro, valores estes ajustados pelo operador do sistema (MAMEDE FILHO, 2013).

A seletividade é a característica que um sistema de proteção deve ter para que, ao ser submetido a correntes anormais, faça atuar os dispositivos de proteção de maneira à desenergizar somente a parte do circuito afetado (MAMEDE FILHO, 2013).

A definição de coordenação para sistemas elétricos é dispor dois ou mais equipamentos de proteção em série que atendam a determinada ordem, de forma a atuarem em uma sequência de operação pré-estabelecida (CPFL, 2016a).

Para realizar uma proteção eficaz é necessário que as curvas à jusante (consumidor) estejam sempre à esquerda das curvas a montante (concessionária) no coordenograma a ser montado. O ponto ANSI do transformador deve estar protegido pela curva de fase do relé de sobrecorrente, ou seja, deve estar à direita da curva. O relé de sobrecorrente não deve atuar para correntes de inrush do transformador, por isso deve estar à esquerda da curva selecionada. As curvas inversas usuais pela concessionária são: Normal Inversa (NI), Muito Inversa (MI) e Extremamente Inversa (EI) (PEXTRON).

3. PROJETO E ESPECIFICAÇÕES DOS ELEMENTOS DO SIMULADOR

O Sistema Elétrico de Potência (SEP) opera com níveis altos de tensão, corrente e potência. Para que seja possível construir um simulador é realizar as analogias entre o sistema elétrico real e o sistema projetado nesta bancada para estudo de coordenação e seletividade. A partir destas analogias e adotando fatores de escala entre o sistema real e o projetado é realizado o dimensionamento e especificação técnica, conforme projeto elétrico dos elementos e equipamentos utilizados no simulador.

Abaixo segue lista dos elementos e dispositivos projetados a partir do esquemático mostrado na Fig. 2:

- Autotransformador Variável – (Variac);
- Reostato e Indutor Variável – (Resistência Váriavel e Indutor Variável);
- Transformador Rebaixador – (Trafo);
- Impedâncias de Carga e Sobrecarga – (Cargas e Sobrecargas);
- Impedâncias de Curto-Circuito – (Curtos-Circuitos);
- Sensores de Corrente – (TC01 e TC02);
- Relés de Sobrecorrente – (Relé 01 e Relé 02);
- Dispositivos de Manobra – (Contatora 01 e Contatora 02);

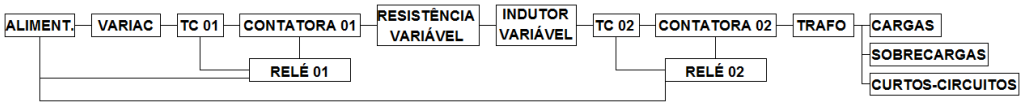


Figura 2. Esquemático simplificado do simulador.

Variac: A tensão de linha de entrada do autotransformador é fixa: 380V. A tensão de linha da saída do autotransformador deve ser ajustada dentro do intervalo de 138V a 380V, desta forma efetivando um fator de redução de 100 vezes, para que na entrada do borne primário do transformador rebaixador se tenha 138V de linha. Este ajuste da tensão é necessário devido à impedância da rede de distribuição ser variável e gerar uma queda de tensão nos elementos de linha. A potência e corrente máxima de saída do autotransformador é de 5.000VA e 6,5A, respectivamente, em regime permanente.

Simulador de Rede: Para projeto do simulador de rede composto por reostato e indutor variável foi gerado um banco de dados obtidos através da pesquisa da impedância acumulada de Thévenin para sequência positiva (Z+) e zero (Z0), no ponto de entrega de 17 clientes das concessionárias de energia da RGE, Coprel e Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE) distribuídos no estado do Rio Grande do Sul. Convertendo os valores da impedância informada pela concessionária foi possível calcular a resistência e indutância necessária no simulador. A resistência confeccionada tem variação de 0 a 50 ohm. O indutor construído possui variação de 2,5 mH a 200mH possui 07 tap's e núcleo de ferrite para realizar a variação de indutância.

Transformador Rebaixador: O transformador projetado para ser utilizado na bancada de simulação possui ligação Δ/Y. As tensões de linha que alimentarão este transformador terão fator de escala de 100 vezes para a tensão, tendo como base a tensão de linha do sistema de média tensão real. O transformador projetado deve possuir tap de 231V e 138V disponíveis na conexão delta. A conexão do secundário deste transformador deve ser estrela com nível de tensão de 24V para linha e 13,8V entre fase e neutro. A potência do transformador foi projetada para abranger as capacidades de carga projetadas para a bancada de simulação, tendo em vista a analogia entre as potencias reais do SEP. Também, sabe-se que serão realizados "n" ensaios em um curto intervalo de tempo, por isso, aplica-se um fator de sobre dimensionamento de 100%, ou seja, o transformador confeccionado possui potencia nominal de 600VA.

Carga e Sobrecarga: No sistema real existem os mais diversos tipos de carga ligados ao sistema, como cargas com característica resistiva, indutivas e capacitivas. Além disso, as cargas possuem as mais diversificadas capacidades de potência. As cargas de 75, 100, 150, 200 e 300 VA foram projetadas através de fio de Níquel Cromo 10,88Ω/m, com resistências ligadas em estrela.

Curto-circuito: Através de ensaio determinou-se a resistência de curto-circuito presente na bancada. O ensaio levou em consideração a tensão e corrente de curto-circuito em regime permanente para obtenção da resistência equivalente. Com base na impedância do transformador da bancada de simulação é possível calcular os níveis de curto-circuito franco se diretamente conectado uma fonte geradora nos borne de maior tensão do transformador. Os níveis possíveis de corrente de curto-circuito são: 77A, 39A e 23A para os tap's de 69V, 138V e 231V, respectivamente. Os modelos de curto-circuito projetados para a bancada de simulação são: trifásico, bifásico e monofásico, sendo que os mesmos confeccionados por um fio de cobre (barramento) que fecha o circuito no secundário do transformador.

Sensor de corrente: Para a bancada deve ser utilizado um transformador de corrente de medição, tipo janela, classe de exatidão 3,0 e carga C2,5, corrente secundária de 5A e corrente primária nominal de 50A. A classe de exatidão 3,0, segundo NBR 6856, não tem limitação de ângulo de fase. A carga de 2,5VA atende o projeto, pois a carga necessária para o relé de sobrecorrente é de 0,2VA, conforme manual do fabricante. A relação deste TC é obtida através da divisão da corrente original primária pela corrente secundária, isto resulta em um RTC=10. Para tornar o sensor de corrente com RTC = 1, é necessário utilizar o método de passagem múltiplo do cabo pelo primário, para este caso é necessário fazer a passagem de 10 vezes. A corrente de saturação deste TC é em torno de quatro vezes a corrente nominal primária, ou seja, de 20A.

Relés digitais de sobrecorrente: Na bancada de teste foram implementados dois relés de sobrecorrente, com capacidade de leitura trifásica + neutro, sendo que o relé instalado na saída do autotransformador foi o modelo URPE 2000 do fabricante Pextron, que faz a função de proteção da subestação rebaixadora (suposta subestação da concessionária, fazendo uma breve analogia com o sistema elétrico real). O relé utilizado a jusante, antes do transformador projetado, foi o modelo URPE 7104T do fabricante Pextron que exerce a função de proteção do Trafo (suposta cabine de medição da unidade consumidora). A corrente de entrada dos sensores de corrente de ambos é de 5 A. Os contatos para acionamento do elemento comutador são dotados de trip capacitivo. A tensão liberada pelos mesmos é de 220 VAC e acionam diretamente relés acopladores 1NAF. A alimentação auxiliar de ambos os relés são de 220V.

Dispositivo de manobra: Na bancada de teste foi projetada uma contatora de 9A, na saída do autotransformador. Também, foi instalada uma contatora após a linha de distribuição projetada, ou seja, na entrada do primário do transformador. Ambas as contatoras possuem capacidade nominal em regime permanente de condução de corrente de 9A.

3.1 Estudo de Coordenação e Seletividade Proposto

Com base no coordenograma calculado e apresentado na Fig. 3 e a partir dos dados de parametrização do Relé 01 e Relé 02 é possível fazer o estudo de coordenação e seletividade didáticos para uma carga de 200VA. O objetivo principal é fazer os ajustes de parametrização do relé instalado após a rede de distribuição (Relé 02) para que o mesmo faça a isolação da falha a ser gerada no secundário do transformador, uma vez que para ajuste do Relé 01 é com base em dados reais de um alimentador em MT aplicado ao fator de escala de 100 vezes menor estipulado na bancada de simulação (DONZELLI, 2017).

A Tab. 1 mostra os valores parametrizados no Relé 02.

Tabela 1. Valores parametrizados no Relé 02 da bancada de simulação construída.

Ajuste de Fase		**Ajuste de Neutro**	
Curva:	**NI**	**Curva:**	**NI**
Corrente Partida (51F):	1,02	Corrente Partida (51N):	0,10
Dial:	0,10	Dial:	0,10
Tempo Definido (TD):	BLOQ.	Tempo Definido (TD):	BLOQ.
Corrente Definida (ID):	BLOQ.	Corrente Definida (ID):	BLOQ.
Instantâneo (50F):	7,25	Instantâneo (50N):	1,80

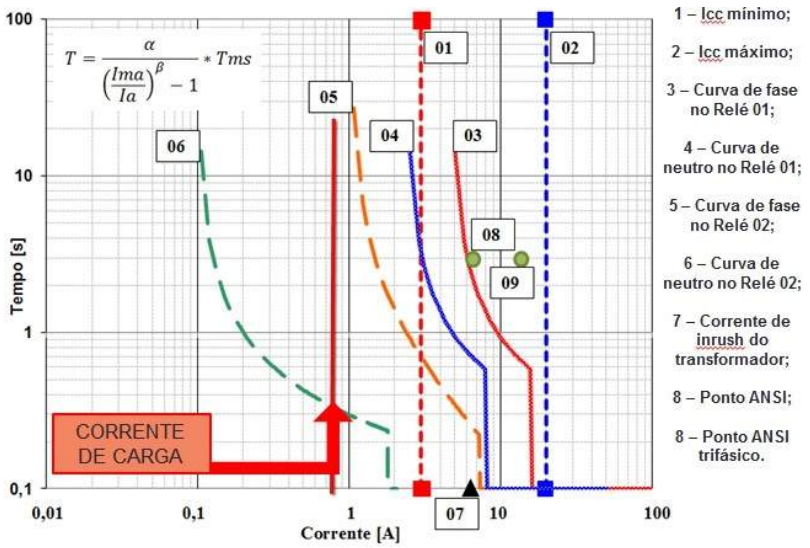


Figura 3. Coordenograma de Fase e Neutro.

4. RESULTADOS

Tanto os ensaios de sobrecarga, curto circuito e variação do comprimento da rede de distribuição simulada na bancada apresentaram resultados satisfatórios se comparados aos previamente calculados. A Fig. 4 mostra o resultado coletado no osciloscópio de um dos pontos de ensaio de sobrecarga. Primeiramente é necessário ajustar o nível de tensão de fase no secundário do transformador em seu valor nominal e após é necessário fazer o chaveamento da carga de 300VA.

A Fig. 4 mostra os níveis de corrente e do tempo de atuação do relé de sobrecorrente (Relé 02), sendo que o mesmo está parametrizado conforme estudo de coordenação e seletividade apresentado no coordenograma da Fig. 3. A curva de tempo inverso utilizada neste ensaio é a tipo Normal Inversa (NI). É possível verificar que no instante [A], a corrente está em nível nominal de aproximadamente 900 mA. O tempo de atuação do relé de sobrecorrente é de 1.380 ms [C-D] e a amplitude total da corrente em sobrecarga é de aproximadamente 4,51A [B], ou seja, cerca de 1,59A eficaz.

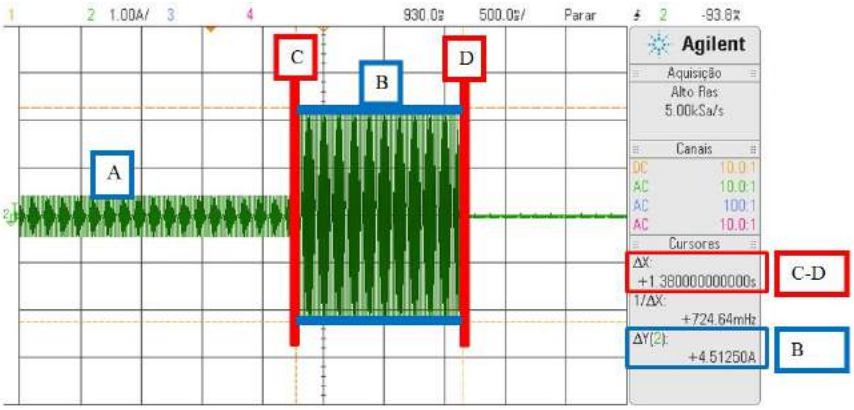


Figura 4. Resultado Ensaio Sobrecarga.

Se o valor eficaz de [B] e o tempo [C-D] mensurados na Fig. 4, forem comparados a corrente e tempo calculado na curva inversa calculada no Ponto da Curva de Fase, afirma-se que existe uma congruência entre o projeto e o ensaio realizado quanto a atuação do relé de sobrecorrente no parâmetro da curva NI, uma vez que os valores do ponto calculado são: Corrente Eficaz: 1,66A e Tempo NI: 1,41segundos.

A Fig. 5 mostra de forma resumida todas as mensurações realizadas no ensaio conforme parametrização das impedâncias e tensões do simulador para gerar um nível calculado de curto-circuito trifásico (ICC3F) de 7,62A, bifásico (ICC2F) de 6,60A, fase-terra (ICC1F) de 5,38 e fase-terra mínimo (MONO MÍN) de 3,16A.

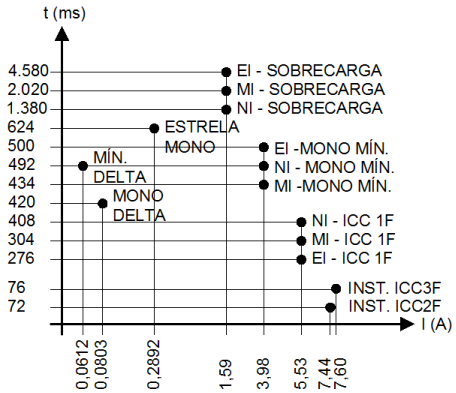


Figura 5. Relação de pontos comprobatória de tempo x corrente ensaiado a partir do simulador construído.

5. CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho foi estudar, projetar, e desenvolver uma bancada de testes em baixa tensão para simulação de coordenação e seletividade entre relés de sobrecorrente digitais análogo ao sistema elétrico real, o qual é possível afirmar que foi alcançado e de maneira positiva. Através do aprofundamento teórico foi possível calcular os ajustes de proteção e elaborar o coordenograma da instalação proposta na bancada para simulação. Quanto ao projeto dos elementos que constituem a bancada, foi necessário aplicar o fator de redução em uma escala de 100 vezes até primário do transformador rebaixador, sendo que para as cargas foi necessário aplicar um fator de redução de 10.000 vezes. Quando é feita a variação da impedância da rede o Relé 02 perde a coordenação com o Relé 01, conforme esperado, pois aumenta o nível de curto-circuito da linha. Quando é ajustada a impedância para valores maiores que o projetado, tornando a linha longa, o tempo de atuação do Relé 02 aumenta, pois os pontos calculados e parametrizados de corrente e tempo ficam deslocados das curvas do coordenograma.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família, mas em especial a meus pais Darci Donzelli e Gildéres Inês Bavaresco Donzelli. Também agradeço aos professores, colegas e ao corpo técnico do laboratório da UPF por todo suporte prestado para o bom desenvolvimento deste trabalho.

7. REFERENCIAS

ANEEL. Cartilha de Acesso ao Sistema de Distribuição - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST.

CPFL., 2016a. “GED2912 - Proteção de Redes Aéreas de Distribuição – Sobrecorrente”.

Kagan, N., 2010. “Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica”. São Paulo: Blucher, 2ª Edição.

Kinderrmann, G., 1997. “Curto-circuito”. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 2ª Edição.

Kinderrmann, G., 1999. “Proteção de Sistemas Elétricos de Potência”. Florianópolis: Edelbra, 1ª Edição.

Mamede, F. J., 2013. “Proteção de Sistemas Elétricos de Potência”. Rio de Janeiro: LTC.

NBR 14039., 2005. “Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV”.

Pextron., 2016. “Manual Relé de Sobrecorrente URPE 7104T”.

Schneider, E., 2008. “Proteção de Redes Elétricas”.

Donzelli, R., 2017. “Bancada para simulação de coordenação e seletividade em redes de distribuição”. 154 f. Trabalho final de graduação (Engenheiro Eletricista). Curso de Engenharia Elétrica. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2017. <http://repositorio.upf.br/handle/riupf/1235>

8. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS INTEGRADAS À PRÁTICA CLÍNICA EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE

Suélen Bampi
Camila Sampaio dos Reis
Marciele Schwanke
Marcos Ismael Schultz
Adilson Luis Stankiewicz
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.
camilasampaiodosreis@gmail.com, suel.bampi@gmail.com, marciele@uricer.edu.br, marcos11-24@hotmail.com, adilsonluis@uricer.edu.br

Resumo. *As novas abordagens decorrentes do sistema de saúde impulsionam para novas práticas de gestão como forma de garantir a qualidade do cuidado ao paciente em estabelecimentos assistenciais à saúde. Nesse panorama é proposto o desenvolvimento de uma plataforma tecnológica para monitorar parâmetros ambientais em um sistema de saúde. A proposta da plataforma tecnológica contempla um sistema de sensoriamento, gerenciamento e monitoramento. Foram considerados parâmetros de temperatura, umidade, luminosidade, ruído e velocidade do ar. O sistema proposto visa fornecer indicadores aos gestores em saúde sobre os parâmetros ambientais monitorados. As informações são apresentadas como satisfatórias ou insatisfatórias a partir dos valores estabelecidos pelas normas técnicas dos estabelecimentos assistenciais à saúde.*

Palavras-chaves: *Estabelecimento assistencial à saúde, parâmetros ambientais, plataforma tecnológica, sensores.*

1. INTRODUÇÃO

Os novos desafios impostos ao sistema de saúde, seja ele público ou privado, são expostos sobre o crescente custo da assistência médica, das constantes incorporações tecnológicas em saúde, do envelhecimento populacional e da transição epidemiológica de doenças crônicas (ANS, 2014). As abordagens expostas impulsionam novos desafios devido à mudança de perfil dos serviços de atenção à saúde, recursos tecnológicos, estrutura física e recursos humanos. Com isso, surge a necessidade de otimizar novas práticas de gestão para garantir a qualidade do cuidado ao paciente em Estabelecimentos Assistenciais à Saúde (EAS).

Esse panorama tem aumentado a preocupação dos gestores em saúde quanto ao desenvolvimento de ferramentas de gerenciamento, principalmente com o objetivo de criar sistemas que sejam capazes de prevenir a ocorrência de erros e limitar acidentes, sendo esses, resultado de uma combinação de fatores latentes. Delgado (2016) considera que a busca da qualidade assistencial, bem como a promoção da saúde, possa ser explorada sob o enfoque de um gerenciamento contínuo quanto a situações operacionais vivenciadas na assistência médica.

Deste modo, se observa que vários podem ser os fatores associados às condições ambientais, o que se busca é um ambiente desprovido de problemas ergonômicos. A partir deste ponto de vista, características ambientais precisam ser atendidas, como: temperatura, ruído, luminosidade, umidade, dentre outras. Estes parâmetros são considerados importantes porque podem limitar a efetividade do uso de equipamentos e afetar o desempenho dos usuários (ELIAS, 2013; CARAYON, 2012).

Identificam-se os fatores ambientais com erros latentes que podem afetar o desempenho no trabalho e a satisfação, além de influenciar na fadiga, no comportamento, nas taxas de erros e no estresse; isto porque a habilidade de desempenhar um trabalho está intrinsecamente relacionada às condições ambientais. O corpo tem a habilidade de se adaptar a ambientes, mas quando o ambiente supera certos limites, o desempenho e a saúde se deterioram (STANTON *et al.*, 2013).

Considerando monitorar parâmetros ambientais de EAS é proposto o desenvolvimento de uma plataforma tecnológica através de uma rede de sensores, de modo que seja possível avaliar e direcionar ações estratégicas na prevenção de erros em saúde, bem como, identificar e criar sistemas capazes de mitigar tais causas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta da plataforma tecnológica requer a implantação de uma infraestrutura interconectiva capaz de fornecer parâmetros ambientais do EAS. Essa infraestrutura permite projetar um ambiente pervasivo que fornece suporte aos gestores quanto à prevenção de erros em saúde, incorporando para isso um sistema de aquisição, transmissão e armazenamento dos parâmetros ambientais. Para tanto, os elementos essenciais para o desenvolvimento da plataforma proposta se constituem de um sistema de sensoriamento, gerenciamento e de monitoramento.

1. Sistema de sensoriamento: este elemento permite coletar as informações ambientais do EAS, sendo composto por uma rede de sensores responsáveis pela aquisição dos parâmetros em análise. Cada parâmetro é monitorado por um sensor específico que tem por finalidade realizar a leitura das condições ambientais em períodos específicos de tempo.
2. Sistema de gerenciamento: projetado para manipular as informações do sistema de sensoriamento, fornecendo indicadores de gerenciamento sobre os parâmetros ambientais monitorados. O processamento das variáveis é determinado por operadores estatísticos de média, desvio padrão, valor máximo e mínimo, como também pelo acompanhamento visual de gráficos e tendências.
3. Sistema de monitoramento: compreende o processamento dos parâmetros ambientais disponibilizados pelo sistema de gerenciamento. Os resultados são apresentados por meio de um serviço *web* aos gestores em saúde, informando se as condições são satisfatórias ou insatisfatórias a partir dos valores estabelecidos pelas normas técnicas dos EAS.

3. RESULTADOS

A arquitetura da plataforma tecnológica é apresentada na Figura 1. Esta arquitetura integra o sistema de sensoriamento (a), o EAS (b) e os sistemas de comunicação, gerenciamento e de monitoramento (c).

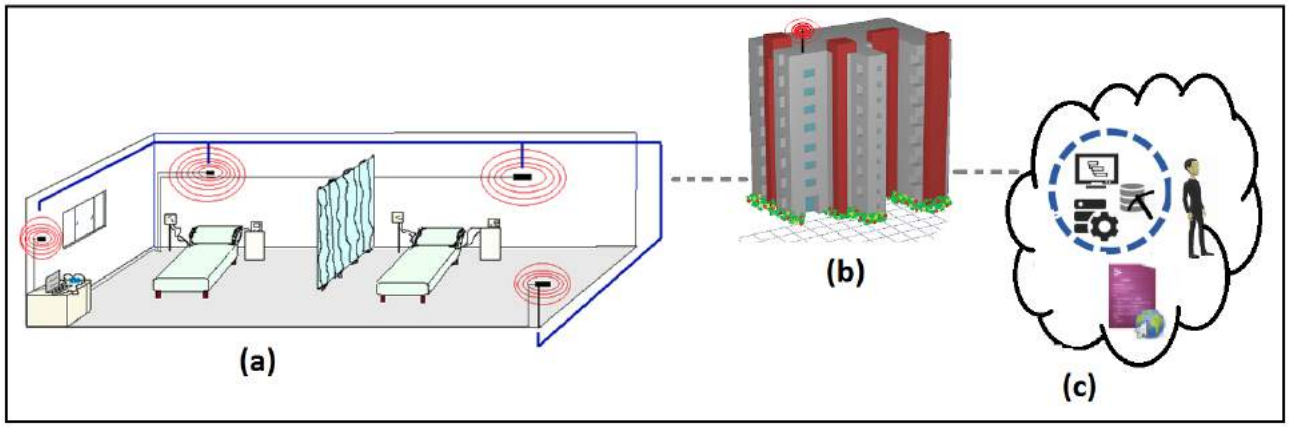


Figura 1. Visão geral da plataforma tecnológica proposta.

O ambiente assistencial analisado corresponde a Unidade de Tratamento Intensivo (UTI). Foram considerados parâmetros de temperatura, umidade, luminosidade, ruído e velocidade do ar, ambos incorporados ao sistema de sensoriamento (a), parâmetros esses importantes para não comprometer o desempenho das tecnologias médicas, do corpo clínico e pacientes dentro do EAS (b) (ELIAS, 2013).

Considerando atender as normas previstas das condições ambientais em UTIs, são apresentados os limites aceitáveis para as condições termo-higrométricas, níveis de ruído, velocidade do ar e luminosidade. A Norma Brasileira NBR 7256 estabelece que a temperatura deve ser mantida de 21 – 24 °C e umidade relativa do ar de 40 – 60 % (ABNT, 2005; LAMBERTS, 2013). Objetivando atender o sistema de sensoriamento é proposta a implantação de sensores de temperatura/umidade DHT 22, com características técnicas de temperatura entre -40°C à 80°C, valores de umidade entre 0% à 100%, e tempo de resposta de 2s, e ambos parâmetros com precisão de +/- 0,1%. As duas condições físicas são obtidas em decorrência do mesmo apresentar um sensor capacitivo de umidade e um termistor para medir as circunstâncias ambientais que serão interpretadas por um controlador que produz sinais digitais (FILIPEFLOP, 2017).

Para manter um conforto acústico é utilizada a norma NBR 10152, a qual estabelece os valores adequados de ruído para 35 dB diurno, e a 45 dB no período da noite. Para compor a plataforma tecnológica é proposto a implantação do sensor analógico de som KY-038, que apresenta o limite de detecção sonora ajustável; através de um potenciômetro próprio (ARDUINO E CIA, 2015).

Em relação a qualidade do ar, essa é descrita em termos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, além da concentração de contaminantes que está fora do escopo desta proposta. Os valores para velocidade do ar de acordo com a ABNT (2005) consideram que para movimentação ao nível de 1,5m do piso, deve ser menor que 0,25m/s. Já a

Norma Brasileira NBR ISO/CIE 8995-1 especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos, assim como os requerimentos para que os usuários desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente (ABNT, 2013). Os valores dessa norma em ambientes de internação correspondem 100 lux no nível do piso para iluminação geral em UTI, 300 lux no nível de leito para exames simples em UTI, e 1000 lux no nível de leito para exame e tratamento em UTI. O sensor de luminosidade proposto corresponde ao TSL2561, que calcula a quantidade exata de luz, sendo um conversor que transforma a intensidade de luz em um sinal digital, o qual pode ser interpretado por um microcontrolador (FILIPEFLOP, 2017).

O sistema de gerenciamento (c) compreende ao sistema mestre que contém um microcontrolador com programação aberta, responsável pelo processamento das informações captadas pelo sistema de sensoriamento (a). Em cada rede de sensores (umidade, temperatura, ruído, luminosidade, velocidade do ar) é necessária uma plataforma Arduíno e um *Xbee Shield* para transmitir os parâmetros coletados a um módulo mestre que contém um Arduíno e um *Xbee Shield* para receber as informações, e também contém o *Ethernet Shield* responsável por registrar os dados em um cartão de memória (SD). Caso haja necessidade de expandir para monitoramento via rede, o *Ethernet Shield* já possui um conector *Ethernet* possibilitando a comunicação dos dados.

Os dados coletados são armazenados no cartão SD para posteriormente realizar o processamento das informações, disponibilizados através de uma planilha contendo os parâmetros ambientais de cada sensor, como forma de gerar indicadores, gráficos e tendências. Considerando as normas aplicadas aos sensores é possível interpretar os as informações coletadas, fornecendo parâmetros estatísticos para classificá-los como satisfatórios ou insatisfatórios. Essas informações são processadas no sistema de gerenciamento (c) por meio de um protocolo de comunicação de dados. Com base nos indicadores disponibilizados pela plataforma os gestores em saúde podem tomar decisões baseados em fatos reais.

Caso haja necessidade de expandir a proposta do sistema de gerenciamento para um monitoramento remoto, deve-se considerar a inclusão do uso de um banco de dados para armazenar os parâmetros ambientais. O banco de dados pode ser acessado via rede, permitindo o armazenamento e a consulta dos dados por meio de aplicativos, sites, dentre outros. O uso do banco de dados dispensa a coleta dos dados via cartão SD e permite um monitoramento em tempo real, remotamente.

4. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a proposta de uma plataforma tecnológica para avaliar parâmetros ambientais em EAS, em que foram apresentados os principais elementos necessários para a sua viabilização, bem como, o método empregado para o desenvolvimento e funcionamento da plataforma. O sistema proposto visa fornecer indicadores aos gestores em saúde, não afetando condições tecnológicas, de infraestrutura, e de recursos humanos do EAS. A proposta é considerada como inovadora tanto no ramo hospitalar quanto em outros meios, podendo ser expandida de acordo com a demanda de novas tendências tecnológicas de monitoramento.

5. REFERÊNCIAS

ANS, 2014. Agência Nacional de Saúde Suplementar. **Portal de Inovação do SUS.** Disponível em: <http://apsredes.org/site2013/blog/2014/09/03/operadoras-de-saude-discutem-programas-promocao-da-saude-em-campinas/>. Acesso em 14 de março de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005. **NBR 7256: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) - requisitos para projeto e execução das instalações.** Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1991. **NBR 5413: Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013. **NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho.** Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987 **Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro.

ARDUINO E CIA., 2012. **Medindo a intensidade do som com o sensor KY-03**.2015. Disponível em: <http://www.arduinoecia.com.br/2015/07/sensor-de-som-ky-038-microfone-arduino.html>. Acesso em 09/08/2017.

CARAYON, P., 2012. **Handbook of Human Factors and Ergonomics in Health Care and Patient Safety.** [S.l.]: CRC Press.

Delgado, M.A., 2016. **Proposta de Metodologia do Uso da Engenharia de Fator Humano para Suporte da Gestão de Tecnologia Médico Hospitalar.** 2016. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ELIAS, G.A., 2013. **Metodologia para Avaliação de Parâmetros Ambientais em Serviços de Saúde.** Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas.

FILIPEFLOP, 2017. **Sensor de Luz TSL2561 Lux Luminosidade**. Florianópolis, SC. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-luz-tsl2561-lux-luminosidade/>. Acesso em 09/08/2017.

FILIPEFLOP, 2013. **Sensor de Umidade e Temperatura AM2302 DHT22**.Florianópolis, SC. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-am2302-dht22/>. Acesso em 09/08/2017.

LAMBERTS, R. **Conforto e estress térmico**. [S.l.].

STANTON, N.A. *et al*., 2013. **Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering And Design.** Brook eld, VT, USA: Ashgate Publishing Company. ISBN 0754646602.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

COMPARAÇÃO DA CONVERSÃO DE ENERGIA SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA ENTRE UM PAINEL COM SEGUIDOR SOLAR DE DOIS EIXOS E UM PAINEL ESTÁTICO

Tailan Orlando
Departamento de Engenharias e Ciência da Computação - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Rua Santos Dumont, 1490, Campinas do Sul - RS, CEP 99660-000, Brasil. tailan_orlando@hotmail.com

Claodomir Antonio Martinazzo
Departamento de Ciências Exatas e da Terra - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Rua Eduardo Machiavelli, 403, Erechim - RS, CEP 99711-120, Brasil. mclao@uri.com.br

Resumo. *Para compensar a baixa eficiência das células fotovoltaicas uma possibilidade é manter o painel Solar sempre perpendicular aos raios solares, utilizando um sistema seguidor solar. Este estudo visou determinar o ganho na conversão de energia solar em energia elétrica de um painel com seguimento solar em relação a um painel estático. O sistema desenvolvido levou em consideração a geometria solar para o posicionamento do painel. A plataforma Arduino realiza os cálculos e comanda os atuadores que posicionam o painel. Além disso, ela é responsável pela aquisição dos dados referentes à conversão de energia tanto no painel móvel quanto no painel estático (voltado para o Norte, com inclinação de 35º). Certamente um sistema de seguimento solar é mais oneroso, por isso a importância da comparação da conversão de energia nos dois sistemas visando verificar a relação custo-benefício do sistema móvel em relação ao estático. Os dados obtidos do sistema proposto mostraram um ganho de 17,92% na conversão de energia do painel fotovoltaico móvel em relação ao painel fotovoltaico estático. Este resultado foi obtido em um único dia de observação, no início do mês de setembro, necessitando, portanto, obtenção de mais dados, durante um ano inteiro, pelo menos, para a obtenção do ganho anual. O ganho é considerado baixo, no entanto, por ser inverno, a altitude solar é mais baixa, favorecendo o painel estático, condição em que os painéis estáticos têm sua maior eficiência de conversão.*

Palavras-chave: *Seguidor solar, microcontroladores, eficiência.*

1. INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de energia elétrica no cenário mundial vem impactando nas pesquisas em geração de energia elétrica. A geração fotovoltaica destaca-se por tratar de uma energia limpa proveniente de uma fonte inesgotável, o sol. Porém, quando considerada a eficiência desse sistema de geração, observam-se deficiências quanto a sua capacidade de conversão da energia proveniente da irradiação solar em energia elétrica.

Dentre os métodos que possibilitam aumentar a eficiência de sistemas fotovoltaicos, três destacam-se como principais. Um dos métodos consiste em pesquisas na construção das células que converte a energia solar em energia elétrica, outro método baseia-se na conversão de energia elétrica, como algoritmos de máxima transferência de potência, e outra forma é aumentar a captação da energia emanada pelo sol através de sistemas de posicionamento solar (Stamatescu et al., 2014).

"Um seguidor solar é um dispositivo mecânico que tem por objetivo garantir que os painéis fotovoltaicos ficam sempre na posição mais favorável a captar o máximo de radiação solar possível" (Cortez, 2013).

A movimentação aparente do sol tendo como referência o plano terrestre é visível em uma faixa de cerca de 150 graus dos 360 graus que o sol contorna de leste a oeste da terra durante o dia. Um sistema fixo tem uma redução de cerca de 75% na parte do início da manhã e do fim da tarde, devido a diferença entre a posição do painel e os raios do sol (Sharma e Malhotri, 2014).

Segundo Mousazadeh et al. (2009), para ser instalado, um sistema de geração fotovoltaica não necessita de um sistema de rastreamento solar, mas para buscar um maior aproveitamento da energia incidente nos painéis, a instalação de um sistema de posicionamento junto aos módulos fotovoltaicos pode aumentar o desempenho da geração, mas para isso deve ser levado em consideração alguns pontos como custos, confiabilidade, consumo do sistema e manutenção.

Os painéis fixos devem ser posicionados voltados para o ponto azimutal, o Equador. No caso do Brasil, os painéis são voltados para o norte. A inclinação ideal dos painéis fotovoltaicos varia de acordo à latitude da localidade, e

também quanto ao tipo de sistema fotovoltaico. “Para sistemas isolados um painel com maior inclinação é recomendável, pois garante maior captação nos períodos de menor irradiância, próximo ao solstício de inverno. Para os sistemas conectados à rede, inclinações menores propiciam maior captação nos períodos próximos ao solstício de verão, o que gera mais energia” (di Souza, 2016).

É possível calcular a melhor inclinação, para um sistema isolado, utilizando a Eq. (1), onde β representa a inclinação do painel e φ representa a latitude do local.

$$\beta = \varphi + \frac{\varphi}{4} \cdot 34{,}56 \tag{1}$$

O desenvolvimento de um sistema de rastreamento solar pode ser baseado em diferentes métodos, dentre eles destacam-se os métodos que utilizam sensores de luminosidade ou irradiação e os métodos que utilizam informações locais para calcular seu posicionamento.

Para o controle de um sistema de seguimento solar baseado na movimentação solar são necessárias algumas informações como a latitude, a longitude e a hora local, onde por meio destas é possível calcular os ângulos referentes a altitude e ao azimute solar, ângulos estes que fazem referência a incidência dos raios solares no plano terrestre (Orlando e Martinazzo, 2016).

O ângulo de altitude solar é o ângulo entre a horizontal e a linha dos raios do sol. O Ângulo de azimute solar refere-se ao deslocamento angular do sul da projeção da radiação do feixe no plano horizontal. Os deslocamentos para o leste do sul são negativos e para o oeste do sul são positivos (Duffie e Beckman, 2013). Com estes dois ângulos é possível desenvolver um sistema com dois graus de liberdade que percorrem a trajetória dos raios solares initerruptamente.

Para estimar o aumento da produção de energia elétrica de um sistema com rastreamento solar, desenvolveu-se um protótipo de seguidor solar para o direcionamento constante de um painel fotovoltaico aos raios solares. Em contrapartida, um segundo painel foi implementado e disposto em uma inclinação fixa.

Desenvolveu-se um sistema de aquisição de dados de tensão e corrente a fim obter dados que possibilitem a comparação entre as duas formas do sistema (Orlando e Martinazzo, 2017).

2. METODOLOGIA

O sistema seguidor solar, descrito sucintamente na sequência, é apresentado por Orlando e Martinazzo (2016).

Para realizar o controle do sistema utilizou-se a plataforma microcontrolada Arduino que possibilita a manipulação de software livre baseado na linguagem C++ sendo o modelo da placa escolhida para o projeto a Arduino Mega 2560, que possui 54 portas digitais e mais 16 portas analógicas, o que possibilitou a utilização de todos periféricos necessários para o projeto.

Para a obtenção da hora, utilizou-se um relógio de tempo real DS3231 (modelo ZS 042), a informação da hora é de extrema importância para o funcionamento do protótipo, pois é por meio da hora que são calculados os ângulos referentes a posição do painel. Para o posicionamento do painel o sistema conta com dois encoders ópticos posicionados nas articulações, os quais informam a posição real do painel.

O algoritmo de controle para o sistema baseia-se na comparação entre os ângulos calculados e os ângulos reais do painel obtidos por meio dos encoders. O microcontrolador calcula e compara em tempo real a posição do painel, fazendo assim o alinhamento constante do painel com raios solares.

O sistema com posicionamento autônomo independe da utilização outros tipos de se sensores como LDRs e sensores de radiação, o que proporciona uma maior robustez e confiabilidade, uma vez que não existem sensores expostos ao tempo, os quais poderiam sofrer interferência devida a sombras, acúmulo de poeira e a própria deterioração do componente.

Para a movimentação do protótipo, utilizaram-se dois motores de passo. Esse tipo de motor permite movimentos discretos e precisos, além de poderem ser mantidos energizados mesmo quando não estão em movimento, funcionando como uma trava magnética. Os motores de passo utilizam drivers para poderem ser comandos pelo microcontrolador, no projeto foram utilizados dois drivers L298N. A Fig. 1 mostra uma foto do protótipo utilizado neste estudo.

Um painel estático, também da KOMAES, de 5 W, fixo, foi acoplado ao sistema orientado para o norte.

Para realizar a comparação dos dois sistemas de geração, desenvolveu-se um sistema de aquisição de dados integrado com o sistema de controle dos protótipos. O sistema conta com voltímetros, amperímetros, cargas resistivas para dissipação da energia gerada pelos painéis, e um gravador de cartão SD onde os dados de geração são gravados. O voltímetro consiste em um divisor resistivo que converte a tensão máxima do painel para uma tensão menor, que é aceita pela entrada analógica do microcontrolador. O amperímetro consiste em uma resistência *shunt* ligada em série com a carga resistiva. A tensão sobre a resistência *shunt* é amplificada com a utilização de amplificadores operacionais AD623, tornando-a compatível com a entrada analógica do microcontrolador.

Figura 1: Imagem do protótipo.

A Fig. 2 mostra os componentes do sistema de aquisição de dados, fora da caixa de controle do protótipo. O sistema está pronto para adquirir e processar dados de três painéis ao mesmo tempo. Além dos dados de tensão e corrente, a energia gerada por cada painel é integrada durante o dia pelo próprio microcontrolador e depois gravada na memória *SDcard* juntamente com dados como dia, hora e posição do painel. O sistema é descrito em detalhes em Orlando e Martinazzo (2017).

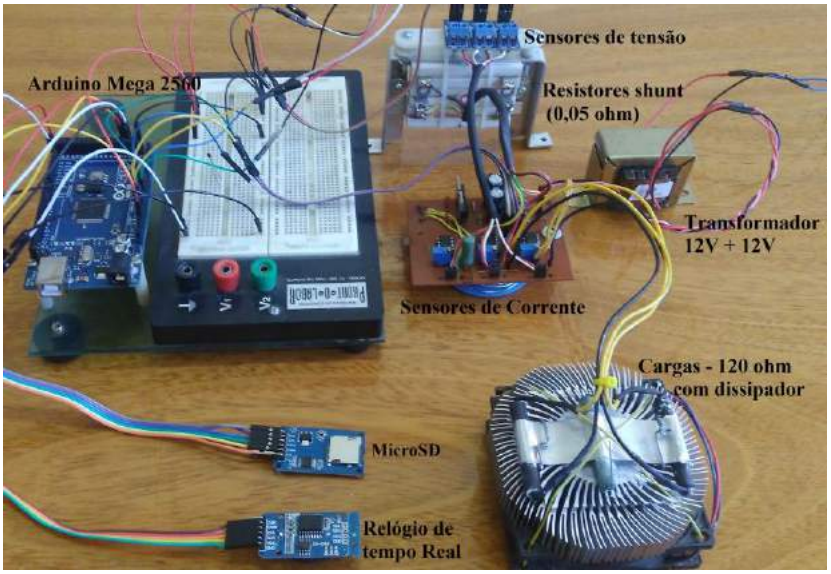


Figura 2: Circuito de aquisição de dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A descrição dos dados obtidos é baseada na coleta de dados da exposição do protótipo ao Sol no dia 07/09/2017. Devido a dificuldades técnicas durante o processo de posicionamento do protótipo no local, a aquisição de dados iniciou após o nascimento do Sol (calculado para 6 h 32 min). A Fig. 3 mostra a distribuição da tensão elétrica durante o dia, registrada pelo sistema para os painéis móvel e estático. Observa-se que a partir das 10 h as curvas de tensão ficam muito próximas. A explicação é que, para esse período do ano (inverno), a altura solar é menor, favorecendo os paineis fixos, que estarão em sua posição de melhor ângulo em relação aos raios solares, se comparados, por exemplo ao verão, quando a altura solar é maior. O serrilhado nas curvas deve-se a nebulosidade variável, mas muito pouco intensa no dia em questão.

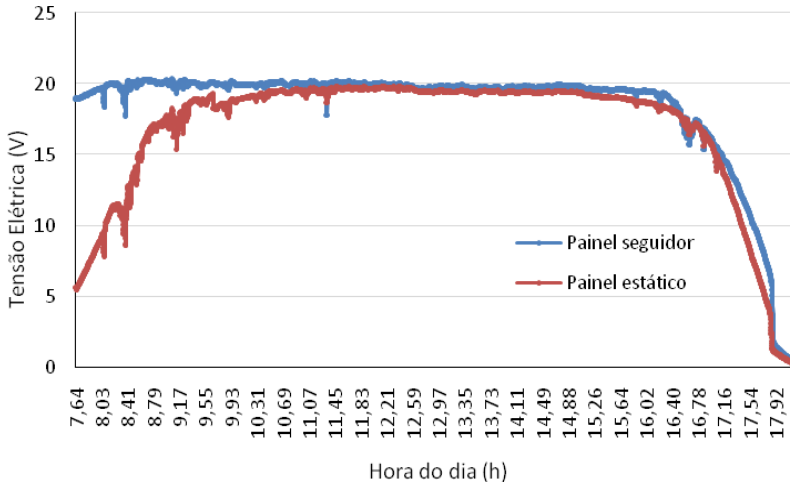


Figura 3: Gráfico da tensão elétrica durante o dia, registrada pelo sistema para os painéis móvel e estático.

O mesmo comportamento, em relação a tensão elétrica, o que era de se esperar, pode ser visto para a intensidade de corrente elétrica descrita na Fig. 4.

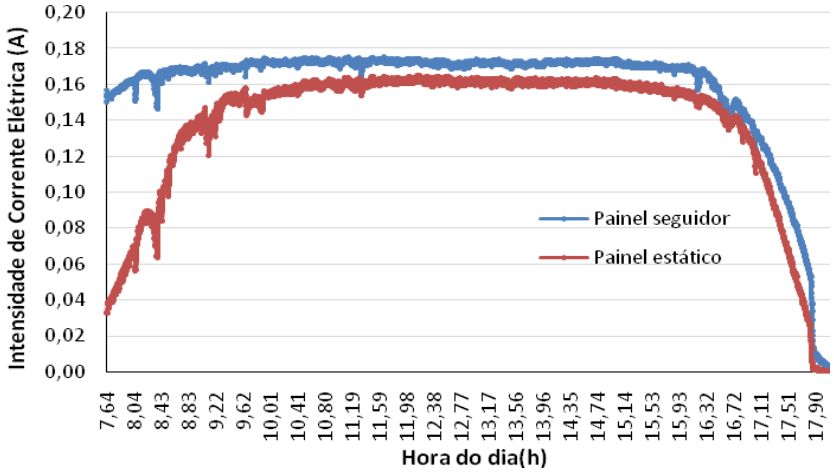


Figura 4: Gráfico da intensidade de corrente elétrica durante o dia, registrada pelo sistema para os painéis móvel e estático.

A Fig. 5 mostra o comportamento da potência elétrica instantânea nos dois paineis durnate o dia. Os painéis utilizados tem potência nominal de 5 W. Por se tratar de inverno a intensidade da radiação solar não é tão intensa, o que pode ser observado nas curvas do referido gráfico e na Tab. 1.

O gráfico da Fig. 6 mostra o comportamento da energia elétrica convertida acumulada para cada um dos módulos. É possível verificar que a maior diferença na conversão ocorre no início do dia, justamente quando é menor a incidência solar. Considerando os valores acumulados ao final do dia, 32,03 Wh para o painel móvel e 26,29 Wh para o painel estático, a diferença em termos relativos foi de 17,92 %. A diferença na conversão entre os dois sistemas é relativamente baixa, no entanto, ressalta-se que no período de inverno, os módulos fixos estão em sua posição mais frontal para os raios solares, convertendo radiação solar com mais eficiência.

O próximo passo dessa pesquisa é realizar o acompanhamento da conversão nos painéis durante as quatro estações do ano. Com esses dados será possível conhecer o ganho relativo durante o ano e não apenas em uma estação.

A Tab. 1 mostra as principais medidas estatísticas descritivas calculadas para as três grandezas físicas apresentadas (tensão elétrica, intensidade de corrente elétrica e potência elétrica). Os cálculos foram feitos sobre 3825 leituras registradas das variáveis em questão, durante o dia de aquisição de dados. Do ponto de vista estatístico, o ideal seria a leituras de dados de vários dias, e então procedendo ao cálculo de médias. No entanto, essas coletas não puderam ser reaziladas a tempo.

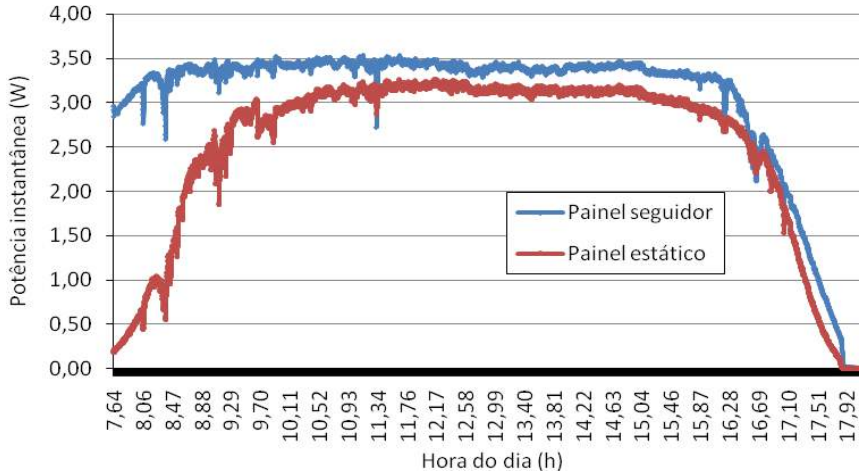


Figura 5: Gráfico da potência instantânea durante o dia, registrada pelo sistema para os painéis móvel e estático.

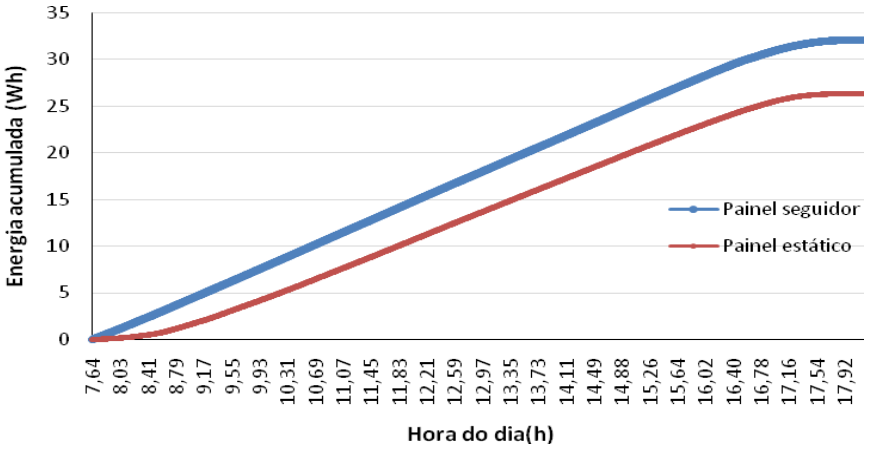


Figura 6: Gráfico da energia elétrica convertida acumulada durante o dia, registrada pelo sistema para os painéis móvel e estático.

Tabela 1: Principais estatísticas descritivas calculadas para os painéis móvel e estático.

Grandezas elétricas	Painel móvel			Painel estático		
	Média	Desvio padrão	Valor máximo	Média	Desvio padrão	Valor máximo
Tensão elétrica (V)	18,27	4,20	20,34	16,65	4,90	19,78
Corrente elétrica (A)	0,16	0,04	0,18	0,14	0,04	0,17
Potência Elétrica (W)	3,02	0,87	3,54	2,47	1,00	3,26

4. CONCLUSÕES

Considerando que pesquisas feitas com rastreadores indicam ganhos de até 45 % (em relação a painéis estáticos), mas que em compensação outros estudos mostram ganhos bem inferiores, da ordem de 11 % (para latitudes menores), o protótipo desenvolvido nesta pesquisa, testado em pleno inverno, quando a altura solar é menor, favorecendo os painéis estáticos (inclinados 35 % para nossa latitude), mostrou um ganho de 17,92 %.

Após muitos testes, que culminaram no ganho de 17,92% do painel móvel em relação ao painel estático, para um único dia de dados computados, considera-se que ainda não é possível afirmar que esse valor percentual de ganho seja definitivo (para a estação, muito menos para o ano).

Na comparação do desempenho entre o sistema móvel em relação ao sistema estático, verificou-se que os maiores ganhos ocorrem nas horas iniciais (até 10 h), mas não para as horas finais do dia, pois a posição do Sol é frontal ao painel estático no final dia. Esse comportamento não será o mesmo para o verão, por exemplo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio institucional da URI para o desenvolvimento deste projeto.

6. REFERÊNCIAS

Cortez, R. J. M., 2013. *Sistema de Seguimento Solar Em Produção de Energia Fotovoltaica*. Dissertação de graduação, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, Portugal.

di Souza, R., 2016. *Introdução Aos Sistemas Solares.*Ribeirão Preto, Brasil. Livro digital da BlueSol – energia solar. Disponível em: https://pt.slideshare.net/carloscolombo581/introducao-blue-solar. Acesso em 12 jul. 2017.

Duffie, J. A. e Beckman, W. A,. 2013. *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley & Sons, New Jersey, USA 4ª Edição.

Mousazadeh, H. et al., 2009. "A Review of Principle and Sun-Tracking Methods for Maximizing Solar Systems Output". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 13, p. 1800–1818.

Orlando, T., e Martinazzo, C. A., 2016. "Sistema Automático de Seguimento Solar Baseado Na Tecnologia Arduino". Em *II Congresso Internacional de Gestão, Tecnologia e Inovação – CONIGTI2016*. Erechim, Brasil.

Orlando, T., e Martinazzo, C. A., 2017. "Desenvolvimento de Um Sistema de Aquisição de Dados de Corrente E Tensão Para Módulos Fotovoltaicos." *PERSPECTIVA*. Vol. - p. -

Sharma, P. e Malhotri N., 2014. "Solar Tracking System Using Microcontroller." Em *1st International Conference on Non Conventional Energy – ICONCE2014*. Kalyani, India.

Stamatescu, I. et al., 2014. "Design and Implementation of a Solar-Tracking Algorithm". *Procedia Engineering*. Vol. 69, p. 500–507.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material contido neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA EXPERIMENTAL AO ACIONAMENTO E CONTROLE DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS

Thiago Lazzari
Cássio Luciano Baratieri
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, 331, KM 2, Bairro Demoliner, Erechim, RS.
thiago.lazzari@hotmail.com, cassiobaratieri@uricer.edu.br

Resumo. *Este trabalho propõe o projeto, simulação e desenvolvimento de uma plataforma experimental ao acionamento e controle de motores de indução trifásicos. O projeto foi elaborado com base nos limites e características operacionais de um motor de indução de 0,5 CV, o qual foi submetido a ensaios a vazio e de rotor bloqueado à determinação paramétrica. As simulações computacionais foram realizadas nos aplicativos Proteus e PSIM, visando identificar o desempenho de cada componente da plataforma no escopo funcional de cada aplicativo. A plataforma experimental foi desenvolvida respeitando os limites de operação dos componentes utilizados. Para o controle de velocidade do motor de indução em malha aberta, foi adotado o controle escalar V/f (Tensão e Frequência), sendo o mesmo validado mediante a comparação entre os resultados de simulação e experimentais com um inversor de frequência comercial. Para a validação da plataforma desenvolvida foram utilizadas diferentes configurações de frequência, tempos das rampas de subida e descida, bem como distintos valores de tensão aplicados ao barramento CC. Dessa forma, constatou-se que os desenvolvimentos teóricos apresentados ao longo deste trabalho estão plenamente adequados tanto ao meio acadêmico quanto ao desenvolvimento de produtos comerciais.*

Palavras-chave: *Plataforma experimental, motores de indução trifásicos, controle escalar V/f, inversor de frequência.*

1. INTRODUÇÃO

Durante o século XX diversas máquinas elétricas foram desenvolvidas e utilizadas em diferentes aplicações industriais. Entretanto, o acionamento dessas máquinas necessitava ser melhorado, uma vez que as técnicas de controle de velocidade não apresentavam um nível de eficiência operacional elevado. Concomitante a isso, a eletrônica de potência teve um grande avanço na década de 1960, devido ao desenvolvimento do tiristor. Esse dispositivo era mais eficiente, compacto e rápido que os interruptores tradicionais, alterando o rumo das atividades produtivas industriais. A partir de sua criação, tornou-se possível o desenvolvimento de milhares de produtos, equipamentos, processos e técnicas de controle para diversas aplicações (Barbi, 2006).

Na área de acionamento e controle de máquinas elétricas, novas técnicas e aplicações de controle foram desenvolvidas ou aprimoradas, as quais propiciam uma melhoria significativa na eficiência energética e operacional do sistema. Entre algumas delas, destacam-se a técnica de controle escalar (V/f - Tensão e Frequência), controle vetorial ou controle por orientação de campo, Controle Direto de Conjugado (CDC), entre outras. Essas técnicas de controle são amplamente aplicadas em Motores de Indução (MI) e Motores Síncronos de Ímãs Permanentes (MSIP), os quais possuem uma vasta gama de aplicabilidade, desde discos rígidos e ventiladores, até geradores de turbinas eólicas (Umans, 2014).

Nesse sentido, o mercado de trabalho é um ambiente em constante evolução, necessitando cada vez mais profissionais qualificados e aptos para atender a demanda de produção e a qualidade dos produtos exigidos pelos clientes. Entretanto, para que isso ocorra, o método de ensino no modelo transmissão-recepção necessita de modificações, em que o acadêmico de engenharia deve ser capaz de implementar os conhecimentos técnicos de maneira crítica e criativa, de modo a desenvolver e aperfeiçoar novas tecnologias (de Almeida, 2003).

Mediante a isso, a utilização de plataformas experimentais torna-se essencial ao meio acadêmico, principalmente nas engenharias, uma vez que aproxima os estudantes das aplicações práticas, próximas da realidade profissional (de Almeida, 2003). Além disso, os acadêmicos de engenharia empregam as plataformas experimentais para consolidar os conhecimentos teóricos, assim como para a validação dos resultados obtidos durante os estudos, agregando valor às pesquisas. Embora muitos aplicativos possam ser encontrados para promover plataformas virtuais de simulações, as particularidades dos sistemas reais não são plenamente atendidas, como não idealidades, fenômenos desconsiderados no processo da modelagem, entre outros. Dessa maneira, o desenvolvimento de plataformas experimentais proporciona a

verificação de proposições científicas, uma vez que essa validação ocorre mediante a comparação de resultados teóricos e experimentais.

Dessa forma, este trabalho propõe o projeto, simulação e desenvolvimento de uma plataforma experimental ao acionamento e controle de motores de indução trifásicos, que poderá permitir a implementação e validação de técnicas de controle já existentes, bem como a elaboração de novas técnicas, desde que essas atendam as especificações e delimitações da plataforma. Além disso, a plataforma experimental poderá vir a ser utilizada para obtenção dos resultados às Bolsas de Iniciação Científica (BIC) vinculadas a URI, que possuam o foco de pesquisa na área de acionamento e controle de máquinas elétricas, assim como durante as disciplinas de Conversão I e II ao longo do curso de Engenharia Elétrica.

2. METODOLOGIA DE PROJETO DA PLATAFORMA EXPERIMENTAL

Antes de iniciar o projeto de uma plataforma experimental, é necessário identificar os componentes que irão compor a plataforma, bem como entender o comportamento e o correto funcionamento de cada elemento. Além disso, é de suma importância definir hipóteses e considerações visando estabelecer as condições de contorno e as limitações operacionais da plataforma.

Apresentando como principal objetivo o acionamento e controle de motores de indução trifásicos a partir de um protótipo de baixo custo, projetou-se a plataforma experimental proposta neste trabalho com base na Fig. 1.

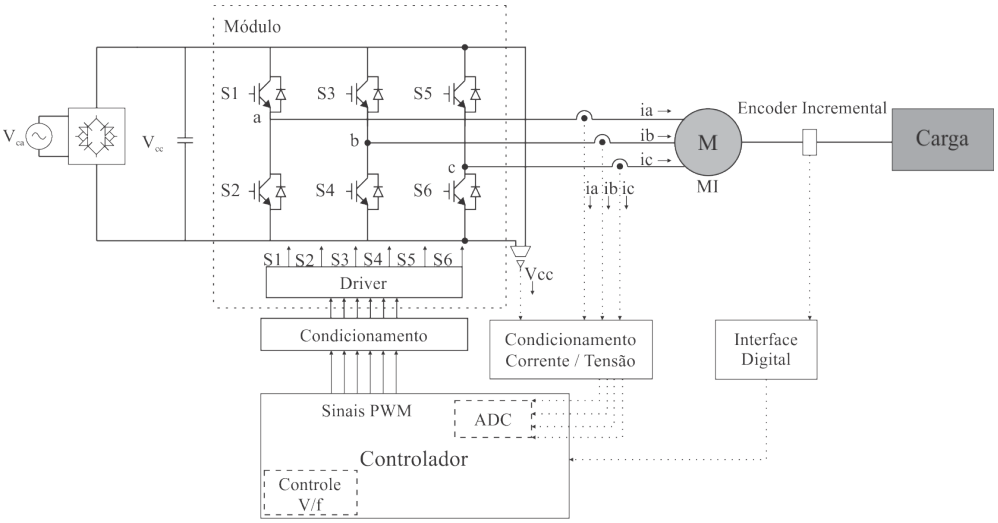


Figura 1. Diagrama de blocos da plataforma experimental

De acordo com a Fig. 1, a plataforma é composta por uma ponte retificadora monofásica não controlada conectada à rede elétrica, seguido de um sistema de acionamento trifásico, circuitos de instrumentação e um dispositivo microcontrolado para o controle aplicado. Um NTC para limitar a corrente de *inrush* do capacitor foi omitido do diagrama. Ademais, a plataforma é composta por um motor elétrico trifásico, um sensor para detectar a posição do rotor e uma carga acoplada ao seu eixo. Os componentes da plataforma são especificados com base nos parâmetros do motor, ou seja, fundamentados nos níveis de tensão e potência elétrica do motor.

Contudo, para a realização da simulação dos motores de indução e afim de tornar os resultados mais próximos dos valores reais, torna-se essencial o conhecimento dos parâmetros do circuito elétrico equivalente. Entretanto, esses parâmetros não são usualmente fornecidos pelo fabricante, sendo necessário a realização de ensaios à obtenção desses dados. Os principais ensaios adotados são o ensaio a vazio e o ensaio de rotor bloqueado (Umans, 2014).

Para os circuitos de instrumentação destinados a obtenção das medidas a serem analisadas da plataforma experimental necessitam ter seus valores condicionados para que não danifiquem o dispositivo de controle. Além disso, por questões de segurança e proteção da plataforma, os circuitos de instrumentação e controle foram isolados da parte de potência, evitando o desempenho operacional desses dispositivos caso ocorra alguma falta na plataforma.

Após a determinação dos circuitos que compõe a plataforma e adotando como base os parâmetros do motor de indução, definem-se os níveis limites de operação à plataforma experimental com respeito a tensão e potência elétrica máxima. Dessa forma, o circuito de acionamento que atende essas restrições é composto por um módulo integrado de IGBTs da *International Rectifier*, IRAMY20UP60B, destinado à aplicação ao acionamento de motores elétricos de até 3 CV tanto para eletrodomésticos quanto para aplicações industriais.

Entretanto, para que ocorra o correto chaveamento dos IGBTs, é necessário a implementação de técnicas para a síntese das tensões de saída. Dentre as principais técnicas destacam-se a modulação por largura de pulso (PWM) e a

modulação *space vector* (Mohan, *et* al., 2003). Em virtude da baixa complexidade de implementação, adotou-se a modulação PWM com abordagem geométrica.

A utilização do modo de chaveamento de inversores de tensão é muito empregado ao acionamento de motores elétricos, produzindo assim, saídas senoidais com magnitude e frequência controlável. Desse modo, uma classe em especial desses inversores são os inversores de modulação por largura de pulso.

Esses inversores são alimentados por uma fonte CC de magnitude contínua, apresentando como principal objetivo o controle da magnitude e da frequência das saídas senoidais. Para que isso ocorra, um sinal de uma portadora triangular em alta frequência tem que ser comparado com um sinal modulante, para modular a razão de chaveamento das chaves do inversor (Mohan, *et* al., 2003).

A Figura 2 ilustra a comparação entre os sinais da portadora triangular (vermelho) e o sinal modulante (azul) para um sinal de saída monofásico, em que os períodos de condução T_+ e T_- são acionados com base na comparação entre as duas ondas. Dessa forma, têm-se as seguintes relações:

- Se o sinal modulante for maior ou igual a portadora triangular, T+ é acionado;
- Se o sinal modulante for menor que a portadora triangular, T- é acionado.

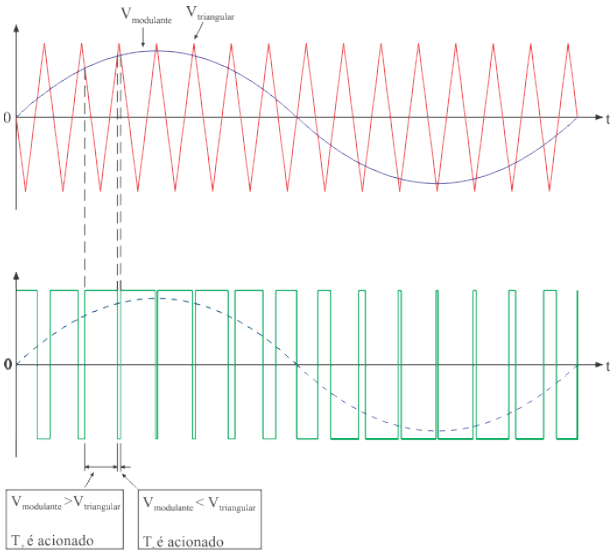


Figura 2. Comparação entre o sinal modulante e a portadora triangular, adaptado de Mohan, *et al.*, 2003

Com base na Fig. 2, após a comparação entre os sinais da portadora e o sinal modulante, diferentes pulsos com magnitudes iguais e larguras diferentes são gerados. Ao ser evidenciado o valor médio entre esses pulsos, o sinal senoidal é reconstituído. No caso das máquinas elétricas trifásicas, são necessários três sinais modulantes, de acordo com os braços do inversor de frequência. Em outras palavras, são moduladas as tensões de cada braço, resultando nas tensões de linha ou fase desejadas.

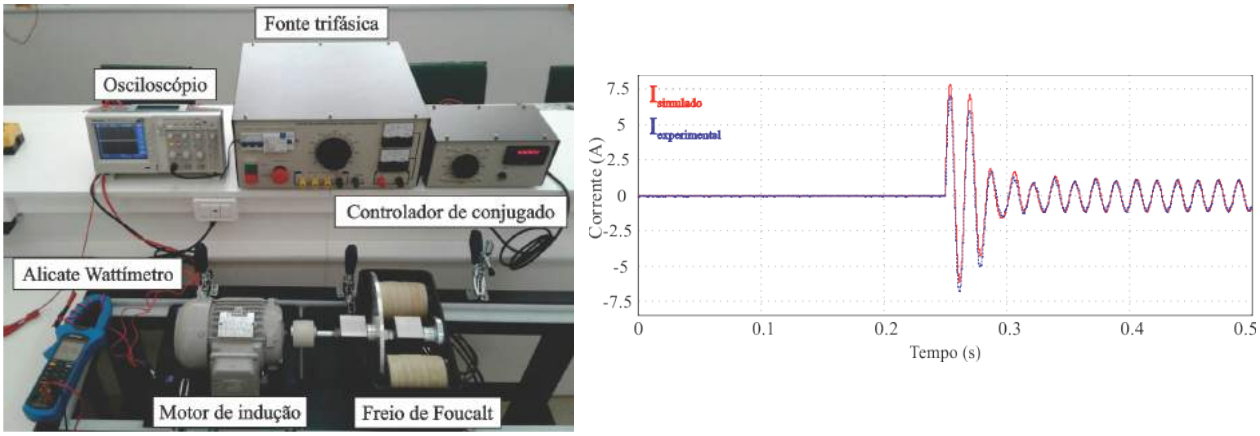
Como mencionado anteriormente, a modulação PWM com abordagem geométrica é responsável por determinar os sinais de comando para as chaves do módulo inversor. Contudo, para que isso ocorra, além da implementação da técnica de modulação é necessário a utilização de um dispositivo microprocessado de alto desempenho, visto que o sistema possui uma carga computacional elevada. Além disso, torna-se essencial que o dispositivo apresente portas PWM independentes destinadas ao acionamento de motores elétricos trifásicos e de um circuito condicionador de sinal.

Nesse sentido, existem diversos modelos de Processadores Digitais de Sinais (DSP) de alto desempenho que atendem a essas especificações. Porém, por questões de custo, acessibilidade e aplicação dedicada ao acionamento de máquinas elétricas, adotou-se um dsPIC30F2010 da *Microchip*, atendendo às especificações do projeto. Para a simulação desse dispositivo no aplicativo PSIM, utilizou-se o bloco DLL (*Dynamic Link Library*) disponível no aplicativo, o qual simula o comportamento operacional do dispositivo de controle, além de ser programada em linguagem C.

Após o projeto do sistema de instrumentação e acionamento da plataforma, torna-se necessário implementar alguma técnica de controle para validar os desenvolvimentos teóricos apresentados. Dentre as diversas técnicas de controle aplicadas ao motor de indução, adotou-se o controle V/f, que relaciona linearmente a amplitude da tensão aplicada com a frequência de modo a manter um fluxo de excitação constante na máquina elétrica (Chapman, 2013). Dessa maneira, aciona-se o motor de indução por meio do módulo inversor de tensão, realizando-se o controle das chaves mediante a modulação PWM já abordada anteriormente. Diante isso, em seguida serão abordados os resultados de simulação e experimentais com a finalidade de realizar a validação da plataforma experimental projetada e desenvolvida neste trabalho.

3. RESULTADOS DE SIMULAÇÃO E EXPERIMENTAIS

Inicialmente, foram realizados os ensaios a vazio e de rotor bloqueado à obtenção paramétrico do circuito elétrico equivalente do motor de indução. Em seguida, os dados obtidos foram inseridos no modelo do motor de indução no aplicativo PSIM para as demais simulações da plataforma experimental. Para a validação do modelo matemático do motor de indução, realizou-se a comparação entre os resultados de simulação e experimental da corrente de uma das fases do motor durante a partida direta, podendo ser visualizada na Fig. 3 (b), enquanto que a bancada utilizada ao longo dos ensaios pode ser observada na Fig. 3 (a).



(a) (b)

Figura 3. (a) Bancada de ensaio para coleta dos dados do motor de indução; (b) Comparação das correntes de partida simulada com a obtida experimentalmente

De acordo com a Fig. 3 (b), o comportamento da corrente simulada (vermelho) é muito similar ao comportamento da corrente experimental (azul) obtida pelo osciloscópio, validando o modelo matemático do motor de indução.

Por outro lado, os circuitos de instrumentação e de condicionamento de sinais foram simulados no aplicativo Proteus para a identificação do correto funcionamento de cada componente. Já o acionamento e controle da plataforma experimental foi simulado mediante o aplicativo PSIM com base no circuito mostrado na Fig. 4.

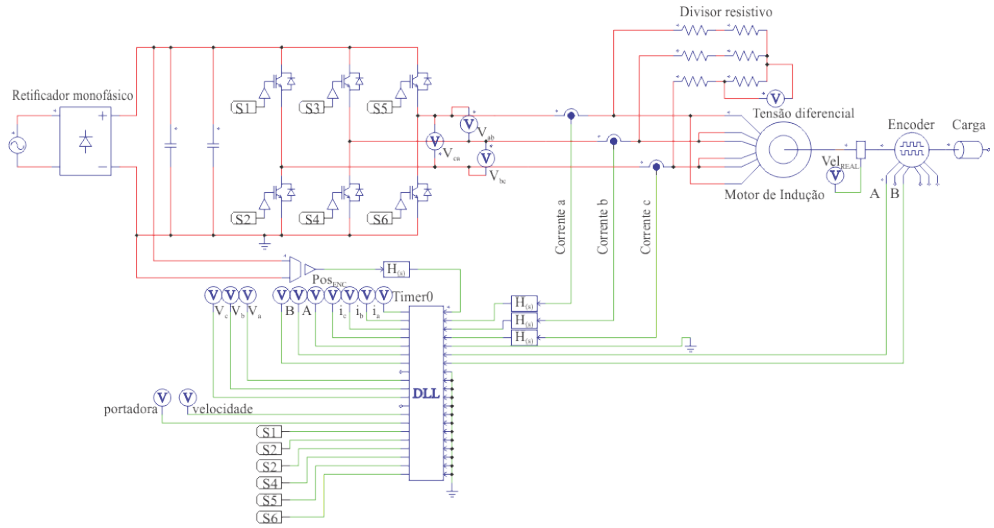


Figura 4. Circuito de simulação da plataforma experimental no *software* PSIM

Conforme observado na Fig. 4, tem-se inicialmente a fonte de tensão com 220 V, emulando a rede elétrica, uma ponte retificadora monofásica não controlada e o equivalente dos capacitores do barramento CC. O módulo inversor é constituído de seis chaves IGBTs, as quais recebem os sinais PWM enviados a partir das portas de saída da DLL. Dessa forma, os parâmetros do controle V/f foram ajustados aos valores nominais do motor de indução, assim como um tempo de rampa de subida e descida de 3 segundos, sendo que a corrente da fase *a* do motor de indução, assim como sua velocidade, podem ser visualizadas na Fig. 5.

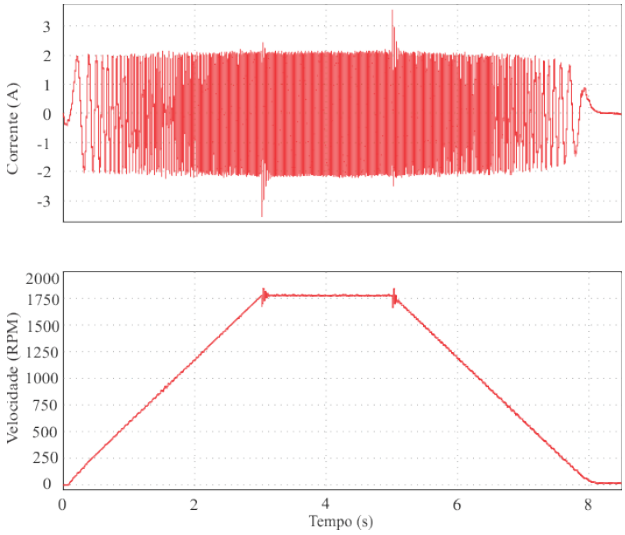


Figura 5. Corrente da fase *a* e velocidade do motor de indução durante o controle V/f

A partir da Fig. 5, pode-se observar que durante a transição da rampa de subida ao regime de operação, assim como do regime de operação à rampa de descida, ocorrem transitórios que atingem uma magnitude de até 3,45 A. Contudo, ambos os transitórios são rapidamente atenuados ao valor de corrente nominal de operação. Esse efeito dos transitórios acarreta em uma variação no desempenho da velocidade que também é rapidamente estabilizada sem ocorrer a danificação na máquina elétrica. Devido a dinâmica ser mais lenta do que a elétrica, as variações de velocidade são negligenciáveis.

Todos os resultados experimentais à validação da plataforma experimental foram obtidos mediante a bancada de ensaios exibida na Fig. 6, onde a mesma apresenta todos os equipamentos utilizados.

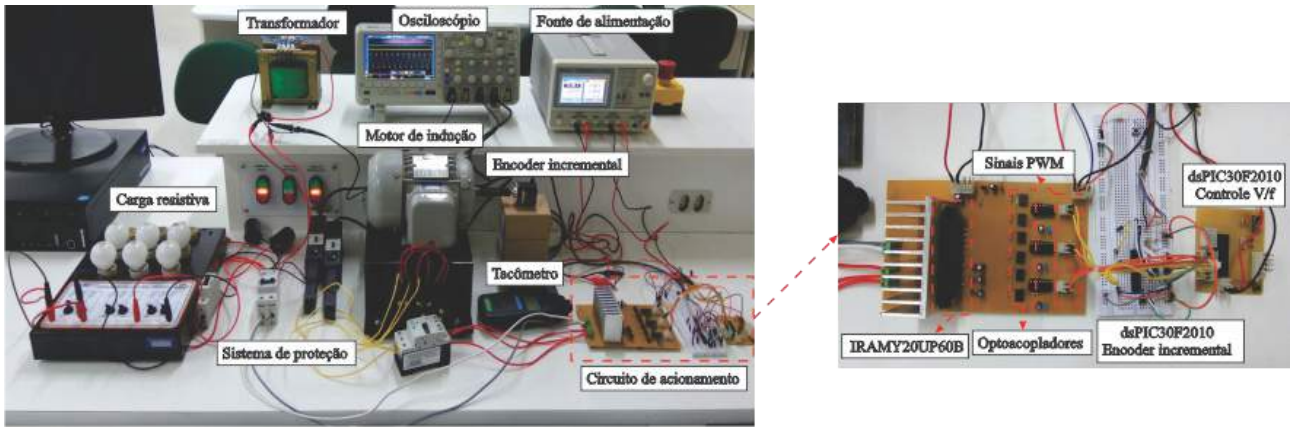
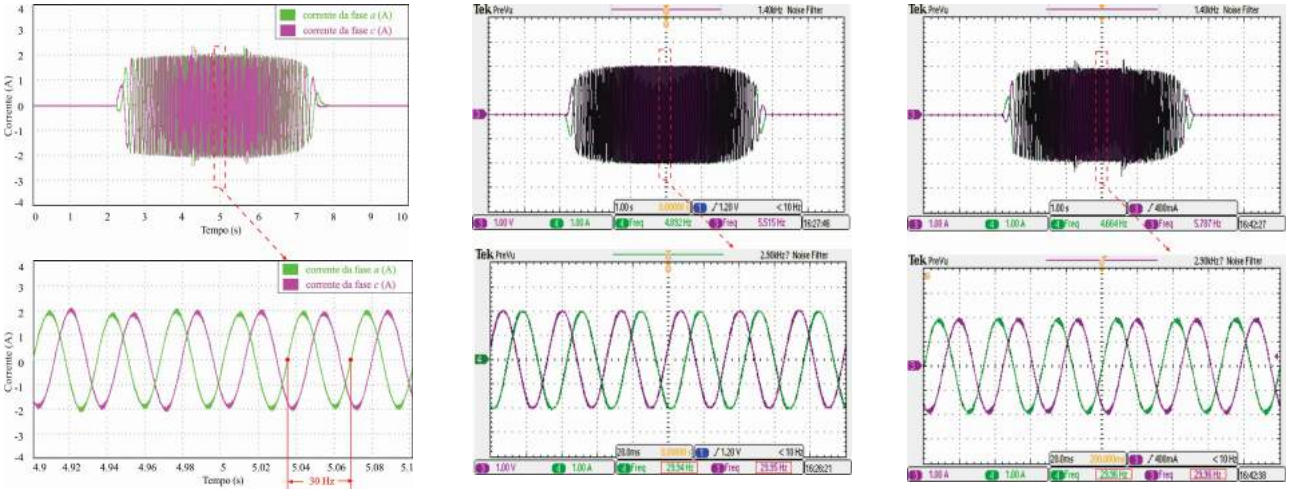


Figura 6. Plataforma experimental desenvolvida

De acordo com a Fig. 6, pode-se observar todos os componentes e equipamentos citados ao longo do trabalho. O circuito de acionamento está destacado para uma melhor visualização final da plataforma desenvolvida.

Para a validação do controle V/f, comparou-se os resultados simulados com os resultados obtidos por intermédio do acionamento do motor de indução mediante um inversor de frequência comercial, CFW 11 da *WEG*. Além disso, para a verificação do correto funcionamento da plataforma desenvolvida, os mesmos parâmetros do controle V/f foram inseridos nos ensaios da plataforma experimental. Desse modo, os parâmetros do controle V/f foram os mesmos durante a simulação, o acionamento do motor com um inversor de frequência comercial e com a plataforma desenvolvida, sendo os tempos de rampa de subida e descida de 2 segundos, uma frequência de 30 Hz e um barramento CC de 155 V de pico. O resultado da simulação, do acionamento com o inversor de frequência e da plataforma desenvolvida podem ser visualizados na Fig. 7.

Com base na Fig. 7, observa-se que as correntes do motor de indução estão indicadas pelas cores verde e rosa. Ademais, tanto aos resultados de simulação, bem como os resultados experimentais com o inversor de frequência e com a plataforma desenvolvida apresentaram comportamentos muito similares. Para uma melhor visualização, destacou-se um intervalo de tempo definido de 200 ms centralizados em 5 s durante o regime de operação. Sendo assim, constata-se



(a) (b) (c)

Figura 6. Comparação dos resultados das correntes das fases *a* e *c* do motor de indução durante o controle V/f na (a) simulação, (b) com o inversor de frequência e (c) com plataforma experimental

que as correntes do motor de indução estão defasadas entre si por 120°, bem como as frequências apresentam valores de aproximadamente 30 Hz, validando o controle V/f e o correto funcionamento da plataforma desenvolvida.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o projeto, as simulações e o desenvolvimento de uma plataforma experimental ao acionamento e controle de motores de indução trifásicos. Desse modo, fez-se possível identificar os níveis limites de operação com base na potência elétrica máxima e tensões do motor de indução. Por outro lado, as limitações da plataforma estão restringidas ao acionamento de motores elétricos trifásicos, bem como motores com uma potência elétrica limite de 3 CV.

Inicialmente, o modelo matemático do motor de indução é validado com base na comparação dos resultados adquiridos durante a simulação e o ensaio experimental de partida direta. Em seguida, para a validação do controle V/f, realizou-se a comparação dos resultados de simulação e os obtidos experimentalmente a partir de um ensaio em bancada com um inversor de frequência comercial. Logo após, os mesmos parâmetros foram utilizados para a validação da plataforma desenvolvida, sendo todos os resultados comparados para a verificação do correto funcionamento do controle V/f e da plataforma experimental proposta neste trabalho.

Dessa forma, os resultados obtidos revelaram um desempenho satisfatório do circuito de acionamento do motor de indução e dos dispositivos de controle, indicando o correto funcionamento da plataforma experimental desenvolvida.

Portanto, além da possibilidade de implementação de diferentes técnicas de controle ao acionamento de máquinas elétricas trifásicas, os resultados demonstraram que a plataforma experimental desenvolvida pode ser aplicada tanto ao meio acadêmico quanto ao desenvolvimento de produtos comerciais. Ressalta-se que a plataforma desenvolvida neste trabalho apresenta um baixo custo quando comparada com produtos comerciais que executam a mesma função ao acionamento e controle de máquinas elétricas trifásicas, chegando na média de 1/4 do valor comercializado.

5. REFERÊNCIAS

Barbi, I., 2006. Eletrônica de Potência. Edição do Autor, Florianópolis, 6ª edição.

de Almeida, N., 2003. *Ensino de engenharia sobre bases construtivistas: um estudo de caso na disciplina de laboratório de sistemas térmicos*. Tese, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

Chapman, S.J., 2013. Fundamentos de Máquinas Elétricas. AMGH Editora Ltda, São Paulo, 3ª edição.

Mohan, N., Undeland, T.M., Robbins, W.P., 2003. Power Electronics: Converters, Applications and Design. John Wiley & Sons, New York, 3rd edition.

Umans, S.D., 2014. Máquinas Elétricas de Fitzgerald e Kingsley. AMGH Editora Ltda, São Paulo, 7ª edição.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material aqui publicado.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

INVESTIGAÇÃO DOS MÉTODOS DE CV E CDC APLICADOS AOS MOTORES SÍNCRONOS DE ÍMÃS PERMANENTES PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS

Thiago Lazzari
Fernanda Zambonin Boaretto
Cássio Luciano Baratieri
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Erechim, 331, KM 2, Bairro Demoliner, Erechim, RS.
thiago.lazzari@hotmail.com, fe-zb1@hotmail.com, cassiobaratieri@uricer.edu.br

Resumo. *Este artigo propõe investigar os métodos de Controle Vetorial (CV) e Controle Direto de Conjugado (CDC) aplicados aos Motores Síncronos de Ímãs Permanentes (MSIP) voltados para aplicações em Veículos Elétricos (VE). Inicialmente, realizou-se uma contextualização de maneira geral dos principais componentes que compõe um VE, bem como a identificação dos componentes que compõe cada sistema e as formas de classificação dos veículos elétricos, as quais podem ser divididas em: Hybrid Electric Vehicle (HEV), Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) e Electric Vehicle (VE). As limitações e os modos de funcionamento dos MSIPs, assim como o funcionamento das técnicas de CV e CDC, foram estudadas de forma detalhada. Os controladores PI (Proporcional e Integral) projetados foram validados a partir das simulações entre ambas as técnicas de controle. De modo geral, o CV apresentou resultados melhores, porém em termos de desempenho operacional, ambas as técnicas foram equivalentes. Portanto, além da aplicabilidade de diferentes controladores nos modelos dos MSIPs, esse artigo possibilita aplicar diferentes parâmetros dos MSIPs e prever o comportamento qualitativo das máquinas elétricas para validar a aplicabilidade ou não nos veículos elétricos*.

Palavras-chave: *Controle Vetorial, Controle Direto de Conjugado, Motores Síncronos de Ímãs Permanentes, Veículos Elétricos.*

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com assuntos relacionados ao meio ambiente, bem como eficiência energética e fontes alternativas de energia são de extrema importância e estão sendo tratados com devida atenção por inúmeros países no mundo. Um dos principais objetivos encontra-se na redução da emissão de dióxido de carbono (CO_2) à atmosfera (Emadi, 2015; Chau, 2015). Dessa forma, um segmento que tem se destacado é o mercado automobilístico, sendo que o mesmo contribui significativamente para emissão de CO_2 devido a utilização de Veículos a Combustão Interna (VCI). Nesse sentido, uma possível solução que está sendo consolidada nos últimos anos é a substituição dos VCI pelos Veículos Elétricos (VE).

Sendo assim, os VE ganharam inúmeros incentivos fiscais e políticos ao seu desenvolvimento, devido ao rigor exigido por alguns países para a redução zero de CO_2 no ramo automobilístico, preocupação com o meio ambiente, juntamente com o avanço na eletrônica de potência, novas tecnologias de armazenamento de energia e procurando uma alternativa de mobilidade mais limpa (Emadi, 2015).

Nesse contexto, o sistema de um VE pode ser constituído basicamente de três subsistemas que são essenciais ao correto funcionamento e para garantir uma ótima eficiência energética. Segundo Chan e Wong (2004) esses subsistemas podem ser classificados em: sistema de propulsão elétrica, sistema de fonte de energia e sistema auxiliar.

O subsistema de propulsão elétrica é composto pelo controlador eletrônico, conversores estáticos, o motor elétrico, a transmissão mecânica e as rodas motrizes. O subsistema de fonte de energia envolve a fonte de energia, a unidade de gerenciamento e o reabastecimento de energia. Por outro lado, o subsistema auxiliar consiste na unidade de controle de temperatura, na fonte de alimentação auxiliar e na unidade de direção hidráulica (Chan e Wong, 2004).

Todos os componentes mencionados possuem sua própria importância. Contudo, este artigo está delimitado ao acionamento e controle do motor elétrico, envolvendo apenas o sistema de conversor estático e motor elétrico, pois é o sistema de controle que é responsável pela coordenação de operação entre os componentes, possuindo como principal objetivo o aumento de autonomia do VE e o menor consumo de energia (Wirasingha e Emadi, 2011).

Além dos componentes mencionados acima, existem algumas classificações que diferem os modelos de VE. Existem algumas divergências entre a classificação dos VE para alguns autores, contudo pode-se classificar essencialmente em três classificações distintas, sendo elas: HEV, PHEV e VE.

De acordo com Chan (2007), os HEV possuem ambos os sistemas de propulsão, tanto com Motor a Combustão Interna (MCI) como com Motor/Gerador Elétrico (ME) conectados em série ou em paralelo. O ME é responsável por aumentar a eficiência energética e por economizar combustível por meio do sistema de frenagem regenerativa, que armazena o excesso de energia quando o MCI freia, enquanto que o MCI propicia uma melhor autonomia ao veículo.

Por outro lado, segundo Emadi (2015), os PHEV possuem um sistema de alta densidade de armazenamento de energia que pode ser recarregado externamente em pontos de recarga. Quando os PHEV operam apenas com o sistema elétrico, eles podem percorrer distâncias maiores que os HEV regulares. A grande vantagem desse sistema encontra-se na economia de combustível, devido as baterias existentes nesse sistema serem normalmente muito maiores que as utilizadas nos HEV.

Além disso, os PHEV podem ser utilizados nas residências como um banco de baterias. As residências podem gerar energia elétrica utilizando aerogeradores ou painéis fotovoltaicos, carregar os PHEV e utilizar essa energia durante a noite para se autossustentarem, ou ainda devolver a energia excedente para a rede elétrica ganhando créditos com as concessionárias. Os PHEV são uma tendência de tecnologia para o mercado automobilístico com emissão de gases poluentes praticamente nula.

Contudo, são os VE que são alimentados inteiramente pelo sistema de propulsão elétrico e pelas baterias, em outras palavras, não possuem nenhum motor a combustão em seu sistema de propulsão. A principal vantagem dos VE quando comparados com os VCI até mesmo com HEV está na eficiência dos MEs que são projetados para operar acima de 90 % de eficiência energética enquanto que alguns sistemas de VCI estão operando na faixa de 30 %. Ademais, é praticamente isento de manutenções e suas baterias podem ser carregadas em casa, durante o trabalho, em locais públicos, apenas com a conexão à rede elétrica (Emadi, 2015).

Segundo Emadi (2015), o mais importante aos políticos, cientistas e ambientalistas é o fato dos VE não emitirem CO_2 à atmosfera, principalmente quando for utilizado fontes de energia renováveis para o abastecimento dos veículos.

Conforme os VE foram sendo produzidos pelas indústrias, diversos modelos de ME e técnicas de controle vieram a ser utilizadas sem que exista uma convergência de escolha para a melhor combinação entre ambas as tecnologias. Devido a isso, ainda não existe um padrão de fabricação entre as indústrias automobilísticas, garantindo o melhor custo benefício aos VE. Apesar disso, inúmeras pesquisas abordam quais são os melhores modelos de motores aos VE independentemente do tipo de controle que irá a ser adotado (Yildirim, *et al*., 2014; Ehsani, *et al*., 2007; Xue, *et al*., 2008).

Todavia, entre esses estudos muitas vezes não são analisadas as técnicas de controle em conjunto com as máquinas elétricas. Uma vez que as técnicas de controle são de suma importância para a eficiência energética dessas máquinas e alteram significativamente o modo de operação. Embora existam vários modelos de MEs aplicados aos VE com distintas técnicas de controle, esse estudo está limitado a investigar as técnicas de CV e CDC dedicadas aos MSIPs em virtude de serem as mais aplicadas no segmento automobilístico.

Os MSIPs são motores polifásicos que assim como os outros motores elétricos, possuem um estator e um rotor. A principal diferença desse motor com os demais é que os enrolamentos de campo no rotor são substituídos por ímãs permanentes. Devido a isso, os rotores praticamente não apresentam perdas pois os ímãs produzem fluxos constantes no rotor. Dessa forma, tem-se como resultado um aumento na eficiência energética da máquina. Além disso, exibem outras vantagens como maior densidade de energia, redução do tamanho do motor podendo chegar até 1/3 de um motor de indução com mesma potência elétrica, manutenção reduzida, facilidade construtiva, entre outras (Gieras e Wing, 2002; Umans, 2014).

Entretanto, com a inclusão dos ímãs permanentes, os MSIPs só podem ser acionados por meio de técnicas de controle. Em outras palavras, é necessário o sincronismo da posição do rotor com o acionamento elétrico das fases do estator, o que pode ser obtido por meio do CV e CDC.

Contudo, o modelo dinâmico a parâmetros concentrados pode tornar complexa a análise da máquina elétrica. Com isso, existem técnicas matemáticas na literatura que contornam esse problema sem comprometer o desempenho quantitativo e o comportamento qualitativo dos motores. Em muitos trabalhos é usual os autores adotarem as mudanças de referenciais, as quais envolvem o desacoplamento de variáveis (referencial estacionário – Transformada de Clarke) e a transformação de variáveis variantes no tempo em invariantes no tempo (referencial síncrono – Transformada de Park) (Krause, *et al*., 2013).

Desse modo, a partir da Transformada de Park e de outros métodos desenvolvidos ao longo dos anos, tornou-se menos complexo a implementação das técnicas de controle ao acionamento de máquinas elétricas, em especial as que dependiam do ângulo de conjugado. Segundo Krishnan (2010), a grande vantagem de utilizar o CV ao acionamento de máquinas elétricas está no controle separado do conjugado eletromagnético e do fluxo magnético por meio da excitação do estator. Por outro lado, diferentemente do CV o CDC tem como principal objetivo o controle do fluxo magnético concatenado no estator e do conjugado eletromagnético, aplicando sinais de corrente ou tensão em forma de vetores ao chaveamento dos inversores de frequência, responsáveis pelo acionamento dos MEs (VAS, 1998).

Nesse contexto, o principal objetivo deste artigo é investigar os métodos de CV e CDC aplicados aos MSIPs para VE. Desta forma, a próxima seção irá tratar sobre projeto do CV e CDC, assim como os resultados obtidos ao longo das simulações.

2 METODOLOGIA DE PROJETO E RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

Inicialmente, os parâmetros utilizados ao MSIP ao longo das simulações foram obtidos de Krause, *et al*., (2013) e são sumarizados na Tab. 1.

Tabela 1. Parâmetros do MSIP

Parâmetros do MSIP						
Variáveis						
R_s	L_d	L_q	P	J	B	$\lambda'^{\mathrm{r}}_{\mathrm{m}}$
3,4	0,0077	0,0121	4	0,0008	0,0005	0,3
Unidade de medida						
Ω	H	H	-	$\mathrm{kg \cdot m^2}$	kg/ms	Wb

Em seguida, foram realizados os projetos dos controladores. Nesse sentido, a principal função de um controlador é sintetizar uma ação de controle que atua sobre uma planta, visando minimizar ou "eliminar" a diferença entre o sinal a ser controlado com o sinal de referência. Cada modelo de controlador possui suas características específicas. Por exemplo, o controlador PI tende a eliminar o erro em regime permanente para sinais de referência constante em regime; possui uma ação de controle proporcional e integral ao erro; responde ao passado do erro, deixando o sistema mais lento; reduz o tempo de subida; aumenta o *overshoot* e o tempo de estabilização, entre outras características (DORF, 2014).

Desse modo, para o projeto de acionamento do MSIP a partir do CV com referencial síncrono, fez-se necessário o desenvolvimento de três controladores PI, um para a corrente de eixo direto i_d, outro para a corrente de quadratura i_q e o último ao controle de velocidade. As equações de tensão do MSIP no referencial síncrono são representadas por:

$$v_d = R_s \cdot i_d + L_d \cdot \frac{d}{dt} i_d - \omega_r \cdot L_q \cdot i_q \tag{1}$$

$$v_q = R_s \cdot i_q + L_q \cdot \frac{d}{dt} i_q + \omega_r \cdot L_d \cdot i_d + \omega_r \cdot \lambda_m'^r \tag{2}$$

onde v_d, i_d e L_d são a tensão, a corrente e a indutância de eixo direto, respectivamente, v_q, i_q e L_q são a tensão, a corrente e a indutância de quadratura, respectivamente, R_s é a resistência do enrolamento do estator, ω_r é a velocidade no eixo de referência e $\lambda_m'^r$ é o fluxo concatenado dos ímãs no eixo de referência. A partir de (1) e (2) assumem-se leis de controle para realizar a linearização das equações e desacoplamento das equações de tensão, sendo v_d e v_q consideradas como:

$$v_d = u_d - \omega_r \cdot L_q \cdot i_q \tag{3}$$

$$v_q = u_q + \omega_r \cdot L_d \cdot i_d + \omega_r \cdot \lambda_m'^r \tag{4}$$

onde u_d e u_q são as ações de controle dos controladores de corrente.

Dessa forma, substituindo (3) e (4) em (1) e (2) respectivamente, têm-se:

$$u_d = R_s \cdot i_d + L_d \cdot \frac{d}{dt} i_d \tag{5}$$

$$u_q = R_s \cdot i_q + L_q \cdot \frac{d}{dt} i_q \tag{6}$$

Aplicando a Transformada de Laplace em (5) e (6) e ajustando os termos na forma de Funções de Transferências (FT), as duas formas finais do sistema elétrico são expressas por:

$$G_d(s) = \frac{1}{R_s + L_d \cdot s} \tag{7}$$

$$G_q(s) = \frac{1}{R_s + L_q \cdot s} \tag{8}$$

onde $G_d(s)$ é a FT da corrente i_d, $G_q(s)$ é a FT da corrente i_q e s é o termo oriundo da transformada de Laplace quando aplicado em derivadas de primeira ordem.

Análogo a esses processos, o mesmo procedimento foi realizado para encontrar a FT para a velocidade ω_r, resultando em:

$$G_{\omega_r}(s) = \frac{J^{-1}}{s + B \cdot J^{-1}} \tag{9}$$

Além disso, a corrente i_d é responsável pelo controle do conjugado de relutância (ou ainda, o fluxo magnético de eixo direto) e a corrente i_q pelo conjugado eletromagnético (Te). Sendo assim, assumindo que o valor de referência de $i_d = 0$, i_q pode ser representado por:

$$i_q = \frac{T_e}{\alpha} \tag{10}$$

em que α é expresso por:

$$\alpha = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{2} \cdot \lambda_m^{'r} \tag{11}$$

onde P é o número de polos do MSIP.

Desse modo, como T_e depende diretamente de i_q, a malha da velocidade será uma malha externa de controle, enquanto que a malha de corrente será uma malha interna, resultando em um sistema de controle multimalhas.

Fazendo uso do aplicativo Matlab/Sisotool, as FTs (7), (8) e (9) foram utilizadas para realizar os ajustes dos ganhos com base na frequência de corte das FTs em malha aberta. O valor da frequência de corte das malhas de corrente foi de $200\ Hz$, enquanto que para a malha de velocidade foi de $20\ Hz$. Dessa forma, os ganhos para os três controladores são representados na Tab. 2.

Tabela 2**.** Ganhos dos controladores projetados

Ganhos dos controladores PI					
FT					
$G_d(s)$		$G_q(s)$		$G_{\omega r}(s)$	
Kp	Ti	Kp	Ti	Kp	Ti
9,81433	0,0023	15,41952	0,0036	0,11663	1,5

Após a sintonia dos ganhos, os mesmos foram inseridos no aplicativo PSIM em sistemas distintos. Enquanto que ao sistema de controle com o CV foram utilizados todos os controladores PI mencionados, para o sistema com o CDC foi adotado apenas o controlador de velocidade, eliminando os controladores das correntes e acrescentando dois controladores de histerese, um para o fluxo e outro ao conjugado. Ademais, ambos os sistemas são acionados por meio de inversores de frequência compostos por três braços com um par de IGBTs (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) cada. Contudo, para o correto chaveamento dessas chaves, é necessário a implementação de técnicas à síntese das tensões de saída. Em virtude da baixa complexidade de implementação, adotou-se a modulação PWM das tensões de linha com abordagem geométrica. A utilização desse modo de chaveamento de inversores de tensão é usualmente empregado ao acionamento de motores elétricos e conversores CC/CA, produzindo assim, saídas senoidais com magnitude e frequência controlável.

Dessa forma, os dois sistemas podem ser observados nas Fig. 1 e 2 enquanto que os resultados obtidos das correntes do MSIP, os conjugados eletromagnéticos e as velocidades em rpm podem ser visualizados na Fig. 3. Esses resultados foram obtidos aplicando-se uma referência de velocidade de 0 a $1800\ rpm$ em $0{,}05\ s$ e uma tensão de barramento de $400\ V$. Além disso, para os controladores de histerese de fluxo foram utilizados uma variação de $0{,}05\ Wb$, enquanto que ao controlador de histerese de conjugado uma variação de $0.1\ N.m$. Os vetores aplicados foram baseados de acordo com Dwivedi e Singh (2010).

Com base na Fig. 3, observa-se que os resultados de conjugado e velocidade do MSIP em ambas as técnicas de controle foram muito similares, mantendo seus comportamentos em torno dos valores de referência. Entretanto, as correntes do CDC apresentaram ondulações maiores que as correntes com o CV, acarretando em um aumento nas perdas na máquina elétrica. Além disso, O CDC produziu variação na frequência de chaveamento do inversor enquanto que no CV o PWM é definido em $5\ kHz$. No entanto, em termos de desempenho operacional, ambas as técnicas foram equivalentes, porém em termos de eficiência energética o CV apresentou resultados melhores. Para melhorar o CDC nesta questão, é necessário incluir técnicas de definição de referência de fluxo de forma a minimizar as quedas sobre as indutâncias da máquina.

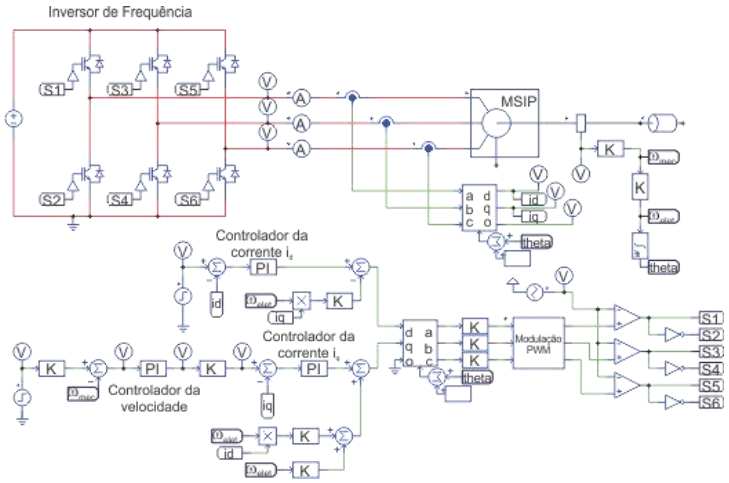


Figura 1. Controle CV aplicado ao MSIP com três controladores PI

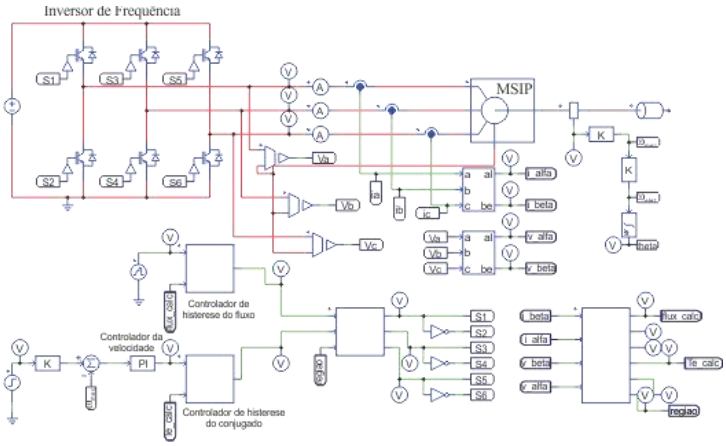


Figura 2. Controle CDC aplicado ao MSIP com um controlador PI

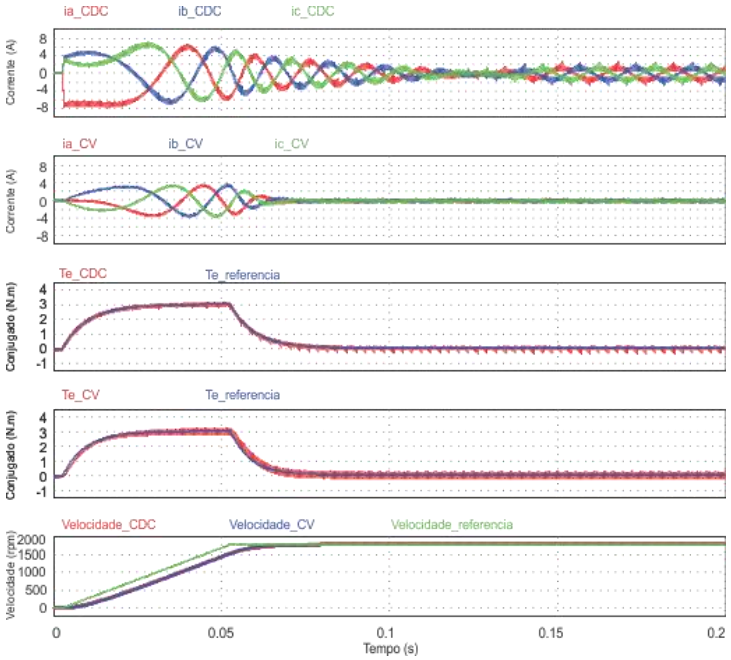


Figura 3. Resultados de simulação com controladores PI aplicados aos dois sistemas de controle

3 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou a implementação dos métodos de controle CV e o CDC aplicados aos MSIP, assim como uma análise comparativa entre os resultados obtidos.

Inicialmente, contextualizou-se de maneira geral os componentes que compõe um VE, assim como podem ser classificados. Além disso, realizou-se um estudo detalhado do MSIP, identificando suas limitações e seu modo de funcionamento, bem como o funcionamento das técnicas de CV e CDC.

Em seguida, foram projetados os controladores PI e os controladores de histerese para as simulações. Todavia, as simulações entre os modelos do MSIP com as técnicas CV e CDC apresentaram resultados satisfatórios, validando os controladores desenvolvidos ao projeto em questão. Portanto, além da aplicabilidade de diferentes controladores nos modelos de MSIPs, esse trabalho possibilita aplicar diferentes parâmetros de MSIPs e prever o comportamento qualitativo das máquinas elétricas para validar a aplicabilidade ou não nos VE.

4 REFERÊNCIAS

Chan, C.C., 2007. "The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles". *Proceedings of the IEEE*.

Chan, C.C., Wong, Y.S., 2004. "Electric vehicles charge forward". *IEEE Power and Energy Magazine*.

Chau, K.T., 2015. "Electric Vehicle Machines and Drives: Design, Analysis and Application". John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd, Singapore, 1st edition.

Dorf, R.C., 2014. "Sistemas de controle moderno". LTC, Rio de Janeiro, 12ª edição.

Dwivedi, S., Singh, B., 2010. "Vector Control Vs Direct Torque Control Comparative Evaluation for PMSM Drive". *IEEE*.

Ehsani, M., Yiming, G. and Miller, J.M., 2007. "Hybrid Electric Vehicles: Architecture and Motor Drives". *Proceedings of the IEEE*.

Emadi, A., 2015. "Advanced Electric Drive Vehicles". CRC Press, New York, 1st edition.

Gieras, J.F., Wing, M., 2002. "Permanent Magnet Motor Technology: Design and Applications". CRC Press, New York, 1st edition.

Krause, P.C., Wasynczuk, O. and Sudhoff, S.D., 2013. "Analysis of Electric Machinery and Drive Systems". IEEE Pres, 3nd edition.

Krishnan, R., 2010. "Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives". CRC Press, New York, 1st edition.

Umans, S.D., 2014. Máquinas Elétricas de Fitzgerald e Kingsley. AMGH Editora Ltda, São Paulo, 7ª edição.

Vas, P., 1998. "Sensorless Vector and Direct Torque Control". Oxford University Press, New York, 1st edition.

Wirasingha, S.G., Emadi, A., 2011. "Classification and Review of Control Strategies for Plug-in Hybrid Electric Vehicles". *IEEE Transactions on Vehicular Technology*.

Xue, X.D., Cheng, K.W.E. and Cheung, N.C., 2008. "Selection of Electric Motor Drives for Electric Vehicles". *Power Engineering Conference - AUPEC*.

Yildirim, M., Polat, M. and Kurum, H., 2014. "A Survey on Comparison of Electric Motor Types and Drives Used for Electric Vehicles". *16th International Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition, PEMC*.

5 NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material aqui publicado.

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Engenharia Mecânica

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO ESCOAMENTO AO REDOR DE UM PERFIL AERODINÂMICO HIPER-SUSTENTADOR EPPLER 423

Ariel De Cezaro Balen[1]
Marco Antonio Ferraz Sampaio de Souza[2]
URI Erechim, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000.
[1]arielbalen@gmail.com[1] marco@uricer.edu.br

Resumo. *No presente trabalho, simulações numéricas de escoamentos de ar sobre o aerofólio de alta sustentação Eppler 423 foram realizadas através do pacote comercial Fluent que utiliza o Método dos Volumes Finitos. Foram utilizadas malhas estruturadas tipo C desenvolvidas no Geometry e inseridas no software ICEM. As equações de conservação da massa e quantidade de movimento linear foram implementadas nas formas das médias de Reynolds. O modelo de turbulência de duas equações SST k-ω foi escolhido e adicionado ao sistema de equações para resolver o problema de fechamento da turbulência. Inicialmente, gerou-se a malha e definiu-se os parâmetros da mesma, como a fronteira externa e a distância y+. Em seguida, foram simulados escoamentos para 4 casos variando-se o ângulo de ataque de 0º a 13º. Com os resultados obtidos nas simulações, foi possível gerar os campos de pressão, velocidade e número de Mach assim como a curva de coeficiente de sustentação, a curva de arrasto, e a curva polar de arrasto. Os resultados numéricos foram comparados com dados experimentais e resultados numéricos disponíveis na literatura, apresentando boa concordância entre eles.*

Palavras-chave: *CFD, método dos volumes finitos, modelos de turbulência, aerofólio de alta sustentação*

1. INTRODUÇÃO

A competição SAE Aerodesign é uma competição entre estudantes da área de Engenharia Mecânica e Aeronáutica com foco na construção de aeronaves de controle remoto. Iniciada em 1986 nos Estados Unidos da América, e desde 1999 no Brasil, o desafio SAE proporciona o envolvimento em um projeto aeronáutico desde sua concepção, projeto detalhado, construção e testes. A avaliação do projeto é feita em duas etapas: competição de projeto e competição de voo, onde os projetos são avaliados comparativamente por engenheiros da indústria aeronáutica, com base na sua concepção e desempenho. Este tipo de competição procura incentivar estudos e pesquisas da área aeronáutica. Um dos pontos importantes para uma aeronave deste tipo de competição é o perfil aerodinâmico utilizado, sendo este o responsável direto pelo voo. Um dos perfis mais utilizados em competições SAE é o Eppler 423, por ter alto coeficiente de sustentação, o que auxilia na decolagem da aeronave e a mantém em voo com menores forças exercidas pelo motor (EPPLER, 1990). Este perfil foi criado por Richard Eppler e teve seus estudos publicados no final da década de 1990, em um livro que trazia uma vasta gama de aerofólios, desde aerofólios para a aviação comercial, passando por aerofólios para aeronaves acrobáticas, até pás de rotores de helicópteros e aerofólios de alta sustentação. Neste trabalho, foi realizado um estudo do escoamento sobre um aerofólio de alta sustentação Eppler 423, muito utilizado em competições de aerodesign, com o intuito de aplicação no projeto de aeromodelo para o curso de Engenharia Mecânica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI Erechim). Este perfil faz parte da gama Eppler e é caracterizado, além da alta sustentação, por baixos coeficientes de arrasto. Para o estudo, utilizar-se-á simulações numéricas computacionais através do software Fluent, que está dentro do pacote Workbench 16. Este pacote reúne as ferramentas de simulações, integrando o sistema desde o desenho de geometrias até a visualização dos resultados. Os resultados serão comparados com dados experimentais e numéricos disponíveis na literatura.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O entendimento de um perfil aerodinâmico inicia-se conhecendo suas partes, bem como os pontos onde ocorrem medições da corda, ângulo de ataque, entre outras variáveis. O extradorso representa a parte superior do perfil e o intradorso a parte inferior; a corda é uma linha reta que une o bordo de ataque e o bordo de fuga do aerofólio; os bordos de ataque e de fuga representam onde o escoamento inicia e termina no aerofólio, respectivamente. O ângulo de ataque representa o ângulo compreendido entre a corda e a direção do movimento do aerofólio relativo ao ar, sendo de suma importância para a determinação de coeficientes de arrasto e sustentação. Outro ponto importante é o ponto de estagnação, que é uma região próxima ao bordo de ataque onde a velocidade local fica estagnada ou, em outras palavras, para com relação à superfície do aerofólio. Este é o ponto onde o escoamento se separa. No bordo de fuga de um perfil aerodinâmico, quando o mesmo tem um ângulo de ataque, há o aparecimento de um gradiente adverso de

pressão, no qual a pressão cresce no sentido do escoamento, o que provocará uma redução nas velocidades das partículas a uma taxa maior do que aquela devido somente ao atrito da camada limite. Se o gradiente adverso de pressão for severo o bastante, as partículas fluidas da camada-limite serão de fato levadas ao repouso. Quando isto ocorre, estas partículas serão forçadas a afastar-se da superfície do corpo (separação do escoamento) de modo a dar espaço as partículas seguintes, resultando em uma esteira na qual o escoamento é turbulento (Fox e McDonald, 2006). Nessas regiões onde atua o gradiente de pressão adverso ocorrem as recirculações (vórtices), Fig.1. Geralmente, os vórtices são formados no extradorso, no bordo de fuga do perfil de asa. Além disso, quanto maior o ângulo de ataque, maior será a atuação do gradiente de pressão adverso.

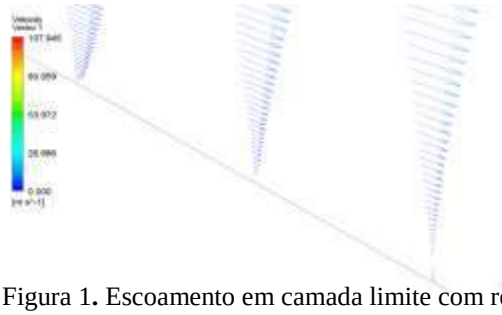


Figura 1**.** Escoamento em camada limite com refluxos.

2.1 Arrasto e sustentação e estol

O arrasto é a componente da força sobre um corpo que atua paralelamente à direção do movimento relativo (Fox e McDonald, 2006). Na aviação existem o arrasto parasita, produzido pelas superfícies das aeronaves que não produzem sustentação e o arrasto induzido, estudado neste trabalho, que é caracterizado como um arrasto de pressão e é gerado pelos vórtices, que são recirculações de ponta de asa que produzem um campo de escoamento perturbado sobre a asa e interferem na distribuição de pressão sobre a superfície da mesma ocasionando uma componente extra de arrasto com relação ao perfil aerodinâmico (Rodrigues, 2014). A sustentação é a responsável por vencer o peso da aeronave e garantir o voo (Rodrigues, 2014). A criação da força de sustentação pode ser explicada através do escoamento em torno do aerofólio e, segundo Bernoulli, a velocidade de uma partícula de um fluido aumenta enquanto ela escoa ao longo de uma linha de corrente, a pressão dinâmica do fluido deve aumentar e vice-versa. Na parte superior da asa a velocidade do ar é maior (partículas percorrem maior distância em um mesmo intervalo de tempo comparadas as da parte inferior da asa), portanto a pressão estática na superfície superior é menor do que a da superfície inferior, o que cria uma força de baixo para cima. O estol é a perda de sustentação que ocorre a partir de um ângulo de ataque. Este ângulo de ataque varia de acordo com o perfil e é chamado de ângulo de ataque máximo (CLMáx), pois é onde se alcança o maior coeficiente de sustentação. A Fig. 2 mostra a representação da curva de estol, onde é característica a perda de sustentação acima do ângulo de ataque máximo.

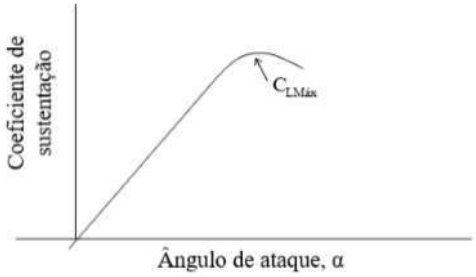


Figura 2**.** Curva de estol.

O efeito de queda de sustentação ocorre pelo descolamento do fluxo de ar na parte superior da asa, gerado pelo gradiente adverso de pressão. Conforme o aumento do ângulo de ataque, o gradiente de pressão adverso aumenta da mesma forma, chegando a um determinado ponto onde ocorre a separação do escoamento no extradorso da asa (parte superior), gerando fortes recirculações no escoamento. (Biasi, 2010).

3. EQUAÇÕES MATEMÁTICAS

A análise de um problema envolvendo mecânica dos fluidos inicia-se com a declaração das leis básicas que modelam o movimento linear do fluido, ou seja, as leis de conservação de massa e de conservação da quantidade de movimento (Fox e McDonald, 2006). A conservação da massa, aplicada a um escoamento, é a equação da continuidade. A conservação da quantidade de movimento linear é a segunda lei de Newton do movimento.

- Equação da continuidade:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla.\left(\rho \vec{V}\right) = 0 \tag{1}$$

- Equação da quantidade de movimento linear:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho \vec{V}\right) + \nabla.\rho \vec{V}\vec{V} = \rho \vec{f} - \nabla p + \nabla.\vec{\vec{\tau}} \tag{2}$$

Utilizou-se as equações iniciais na equação de Navier-Stokes, considerando algumas simplificações como a consideração de um gás perfeito e a desconsideração das forças de campo.

Em simulações numéricas computacionais, bastariam as equações de Navier-Stokes para a visualização de todas as escalas de turbulência, porém, ao mesmo tempo, necessitaria uma malha computacional muito refinada, o que atrasaria ou impossibilitaria o processo. Como resolução para este problema, faz-se a utilização dos valores médios das propriedades, fazendo a utilização das equações de Navier-Stokes com média de Reynolds, também conhecidas como *Reynolds Averaged Navier-Stokes* (RANS).O sistema de equações de Navier-Stokes com média de Reynolds:

- Equação da continuidade:

$$\frac{\partial \overline{\rho}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\overline{\rho}\widetilde{u}_j\right) = 0 \tag{3}$$

- Equação da quantidade de movimento linear:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\overline{\rho}\widetilde{u}_i\right) + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\overline{\rho}\widetilde{u}_i\widetilde{u}_j\right) = -\frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\overline{\tau}_{ij} - \frac{\overline{\rho u_i'' . u_j''}}{2}\right) \tag{4}$$

3.1 Modelo de turbulência

As equações de conservação de massa e de quantidade de movimento linear são empregadas como modelo matemático, conforme visto na seção anterior, para a solução de um escoamento externo. Associado ao sistema, tem-se equações constitutivas que necessitam ser resolvidas para a obtenção de uma solução completa do problema. Para isso, utiliza-se um modelo de turbulência para formular e resolver estas equações. Neste trabalho, utilizou-se o modelo *k-ω* SST, criado por Menter (1994), que faz o uso de uma mistura entre os modelos *k-ε* e *k-ω* utilizando o equacionamento do primeiro para o modelamento de regiões afastadas da camada limite, onde tem maior eficácia, e para regiões próximas a camada limite utiliza-se o segundo modelo.

4. METODOLOGIA

A metodologia empregada visa à utilização de um *software* de CFD (*Computacional Fluid Dynamics*) para a resolução das equações que modelam o escoamento de ar em torno de um aerofólio Eppler 423. Para isso, faz-se necessário a criação de uma geometria a qual representa o problema proposto e a utilização de condições de contorno para uma malha computacional que deve ser criada. Esta malha computacional é gerada com divisões internas chamadas de volumes finitos (Patankar, 1980), que é o método adotado para a resolução do problema.

A geometria utilizada para criação da malha foi em forma de C, sendo que a fronteira externa está localizada a pelo menos 5 cordas em relação a distância do aerofólio. A Fig. 3 mostra a geometria com o aerofólio e suas condições de contorno. Todos os comprimentos foram adimensionalizados pela corda do aerofólio.

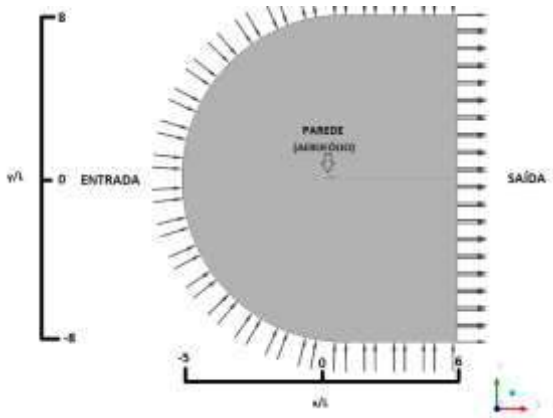


Figura 3. Geometria C com aerofólio ao centro com devidas condições de contorno.

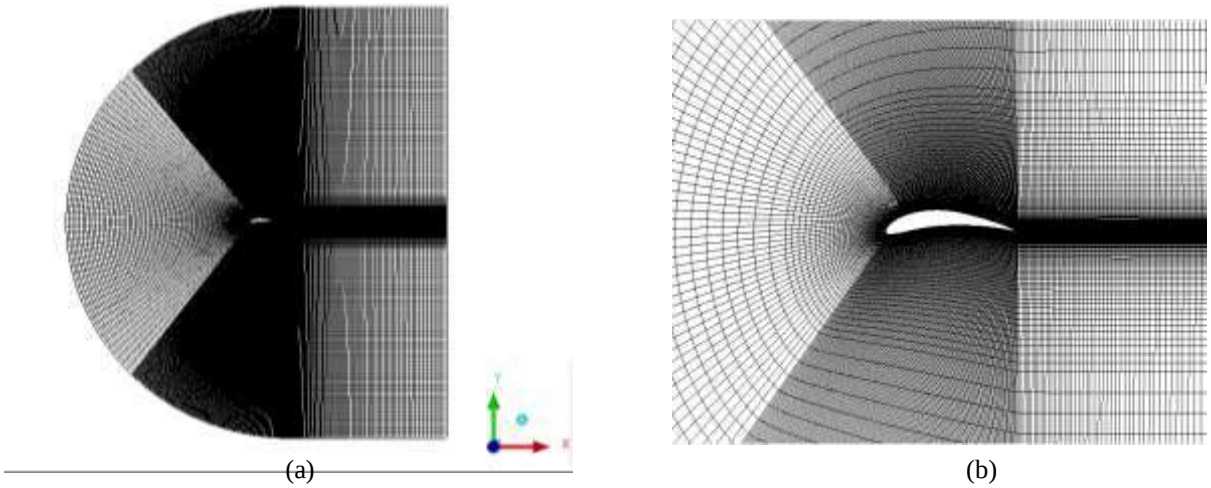
A Tab. 1 mostra as condições de contorno utilizadas neste trabalho.

Tabela 1. Condições de contorno para o escoamento.

Região	**Condição**	**Grandeza**
Entrada	Velocidade	62 m/s
Aerofólio	Parede	-
Saída	Pressão ambiente	101325 Pa

4.1 Malha computacional

A malha computacional foi confeccionada através da geometria vista na Fig. 4.1 no *software* ICEM CFD. A malha computacional é do tipo estruturada, pois consegue uma boa captura de propriedades, principalmente na região de superfície do aerofólio, e não utiliza grande esforço computacional para sua confecção. O método de confecção utilizado foi o de blocos, onde cria-se blocos conforme o domínio e conforme o refinamento desejado, gerando a possibilidade de criar regiões mais refinadas perto do perfil do aerofólio e regiões menos refinadas conforme a distância para a asa. No bordo de fuga, foi feito um refinamento maior para a captura das recirculações existentes. A Fig. 4 mostra a malha completa e com maior proximidade a região do aerofólio para visualizar o refinamento.

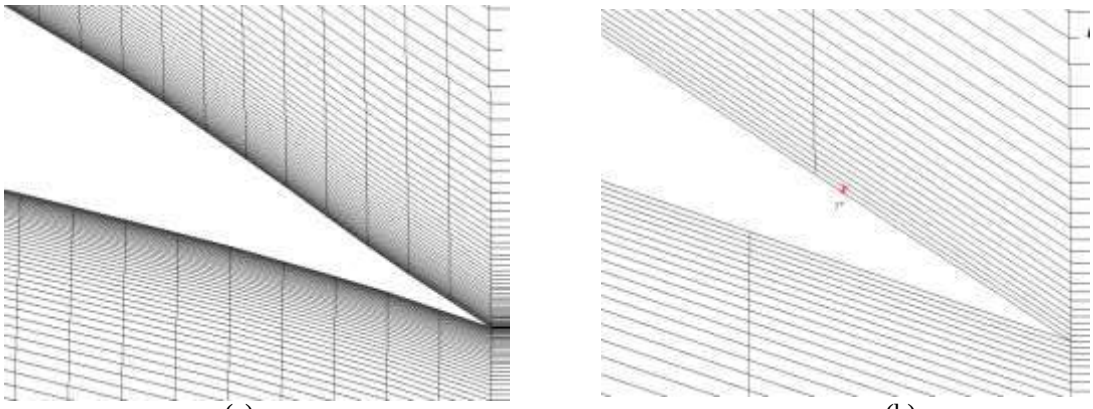


(a) (b)

Figura 4. Malha computacional (a) e *zoom* na malha próxima ao aerofólio.

Escoamentos turbulentos são afetados significativamente pela presença de paredes, onde a viscosidade tem elevados gradientes nas variáveis da solução. Uma precisão maior nas zonas próximas a parede, neste caso o aerofólio, determina a predição bem-sucedida de fluxos turbulentos limitados por paredes (Salim *et al.*, 2009). A estratégia de confecção de malha determina uma distância ($y+$) entre a parede e o início da malha. A variável $y+$ é a distância não dimensional correspondente ao número de Reynolds local, é frequentemente usada em CFD para descrever como grosseira ou fina uma malha para um determinado escoamento. Em outras palavras, é a razão entre as influências turbulentas e laminares em uma célula (Salim *et al.*, 2009).

Neste trabalho, o valor utilizado para $y+$ foi 5 e a distância encontrada foi de $2{,}427\times10^{-6}$ m. A Fig. 5 mostra a região próxima a parede do aerofólio onde foi atribuída a distância encontrada através de $y+$.



(a) (b)

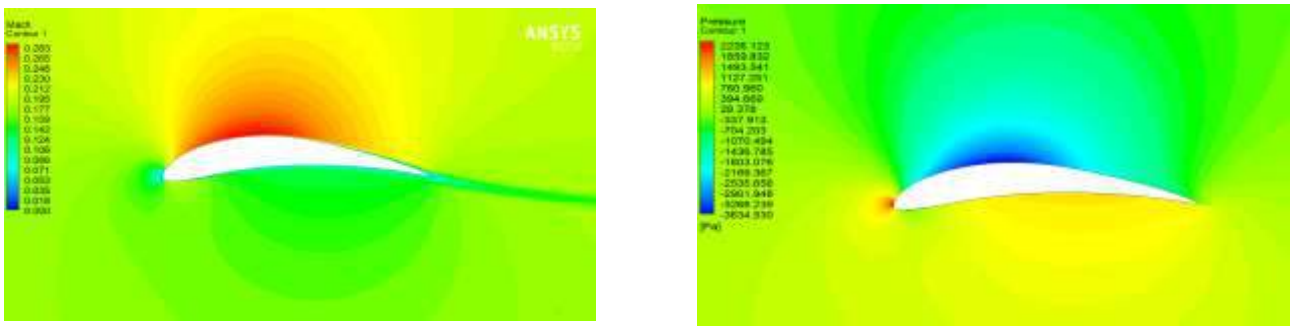
Figura 5 Malha computacional com aproximação no borde de fuga (a) e determinação de $y+$ para a malha.

5. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados de 2 casos com velocidades da corrente livre do escoamento iguais a 62 m/s para todos os casos, com os ângulos de ataque de 0º e 13º. Serão apresentados os campos de número de Mach e pressão, as isolinhas de velocidade e os vetores de velocidade. Por fim, serão apresentadas as curvas de sustentação e arrasto em função do ângulo de ataque.

5.1 Caso 1

A primeira simulação foi realizada com ângulo de ataque de 0º. A Fig. 6 mostra os contornos do número de Mach e contornos de pressão ao em torno do perfil Eppler 423..



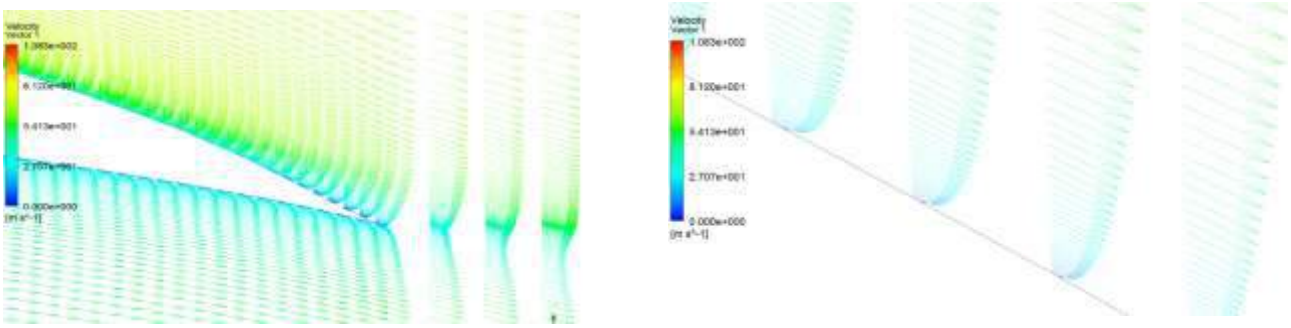
(a) (b)

Figura 6. Contorno do número de Mach (a) e contornos de pressão (b) para o aerofólio.

Na Fig. 6 (a) o maior número de Mach atingido é de 0,283, o que indica um escoamento subsônico. A Fig. 6 (b) mostra que a pressão no extradorso é menor do que a pressão no intradorso do aerofólio, o que gera a força de sustentação.

A Fig. 7 apresenta os vetores de velocidades com um enfoque no bordo de fuga do aerofólio. A Fig. 7 (b) apresenta uma aproximação maior na parede do aerofólio no bordo de fuga.

Na Fig. 7 (b) nota-se a formação do perfil de velocidades devido aos efeitos viscosos onde a velocidade diminui com a proximidade com a parede do aerofólio, confirmando a teoria de camada limite de Prandtl (1904).

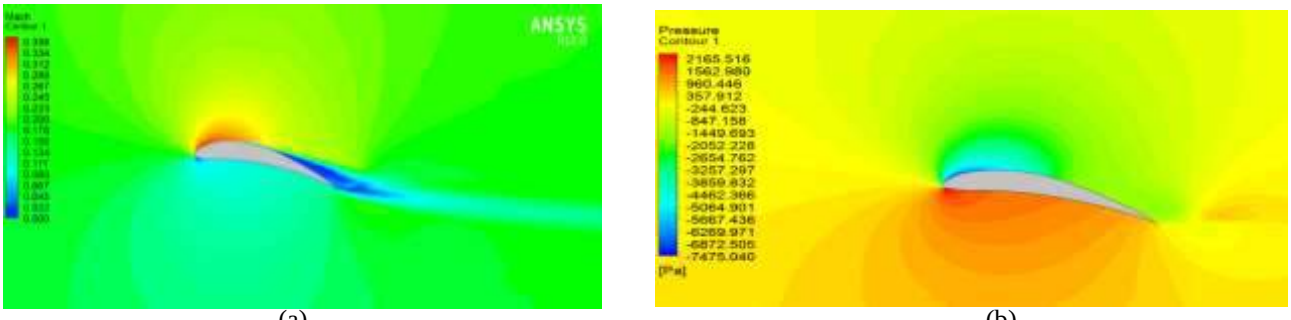


(a) (b)

Figura 7. Detalhes dos vetores de velocidade no bordo de fuga do aerofólio (a) e Vetores de velocidade próximos a parede do aerofólio (b).

5.2 Caso 2

No caso 2, simulou-se o escoamento com o ângulo de ataque de 13º, o qual ocorre o estol para este perfil. A Fig. 8 e mostra os contornos do número de Mach e campos de pressão.



(a) (b)

Figura 8. Contorno do número de Mach (a) e contornos de pressão (b) para o aerofólio.

A Fig. 9 mostra os vetores de velocidades e as isolinhas para este caso.

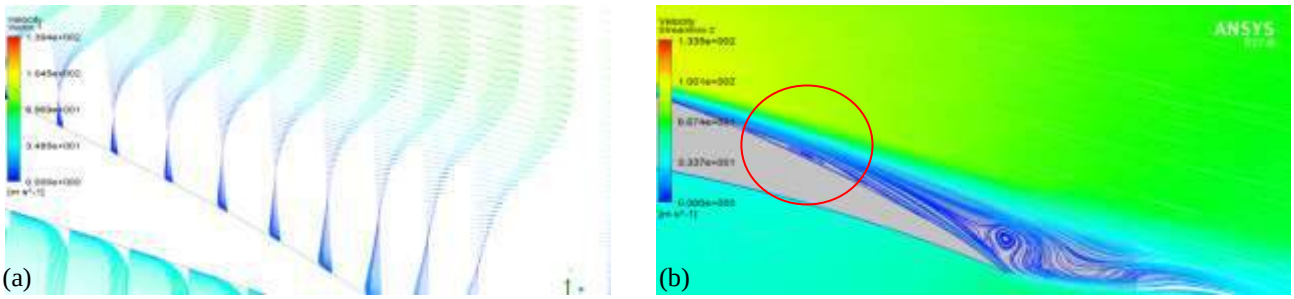


Figura 9. Vetores de velocidade próximos a parede (a) isolinhas de velocidades (b) no bordo de fuga do aerofólio.

5.3 Curvas de arrasto e sustentação

Simulou-se o escoamento para todos os ângulos inteiros entre 0º e 13º, e pode-se avaliar os coeficientes sustentação e arrasto encontrados através da Fig. 10 onde são comparados com os resultados experimentais de Eppler (1990) e com os resultados numéricos de Rodrigues (2014).

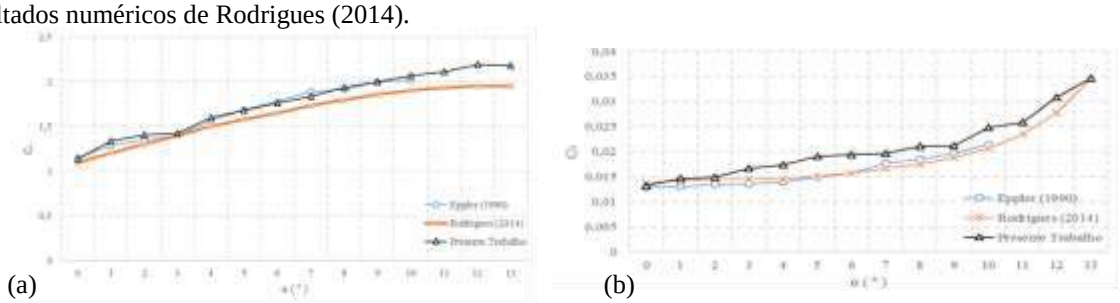


Figura 10. Gráficos do Coeficiente de sustentação×ângulo de ataque (a) e Coeficiente de arrasto×ângulo de ataque (b).

A curva do coeficiente de sustentação em função ângulo de ataque encontrada nas simulações, Fig. 10 (a), teve proximidade com os valores encontrados experimentalmente por Eppler (1990), porém o mesmo não mostra, em seu trabalho, o estol para o perfil Eppler 423. Para tanto, Rodrigues (2014) traz os resultados numéricos onde o estol ocorre no ângulo de 13º, o mesmo encontrado pelas simulações numéricas deste trabalho.

O coeficiente de arrasto mostrou-se um pouco maior nas simulações do presente trabalho em comparação com os dados experimentais de Eppler (1990) e as simulações realizadas por Rodrigues (2014), conforme Fig. 10 (b), porém as grandezas para o coeficiente de arrasto são em torno de 0,01, ou seja, são diferenças muito pequenas.

6. CONCLUSÕES

A sustentação está diretamente conectada com o ângulo de ataque, que pode elevar ou reduzir seu valor. Ela deve ser gerada de forma que em uma situação real, possa ser decisiva no momento de levantar voo. Os resultados encontrados para o coeficiente de sustentação do presente trabalho se mostraram em concordância com os resultados experimentais de Eppler (1990) e as simulações de Rodrigues (2014), podendo assim, ser validados.

O aerofólio Eppler mostrou-se efetivo para o uso em aeromodelos, pois seu ângulo de estol pode ser considerado alto para um escoamento bidimensional. Para melhorar seu desempenho podem-se utilizar variados modelos e geometrias tridimensionais para o aerofólio, assim como *winglets*, *flaps* e *ailerons*, que aumentam o ângulo de estol. Isso torna o Eppler viável para a utilização em competições.

7. REFERÊNCIAS

Biasi, F.A.A., Características do estol nas asas das aeronaves. São Paulo : Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia: Revista Eletrônica AeroDesign Magazine, 2010.

Eppler, R. Airfoil Design and Data. 1ª Edição. Stuttgart: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1990.

Fox, R. W.; McDonald, A. T. Introdução a Mecânica dos Fluidos. 6 ed. Rio de Janeiro LTC: 2006

Menter, F. R. Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications. AIAA Journal,1994.

Patankar, S. V., Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. Hemisphere, Washington D.C., 1980.

Prandtl, L., Uber Fl¨ussigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung. Intern. Math. Kongr., Heidelberg, 1904.

Rodrigues, L.E.M.J., Fundamentos da engenharia aeronáutica com aplicações ao projeto SAE-Aerodesign: Aerodinâmica e desempenho. Salto/SP : 1 ed., 2014.

Salim, M. S., Cheah, S.C., Wall y+Strategy for Dealing with Wall-bounded Turbulent Flows. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2009 Vol II, Hong Kong, 2009.

8. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluindo este trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DE UM PERFIL AERODINÂMICO NACA 0018

Ariel De Cezaro Balen[1]
Clemerson Alberi Pedroso[2]
URI Erechim, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000.
[1]arielbalen@gmail.com [1]cpedroso@uricer.edu.br

Resumo. *No presente trabalho estudou-se o coeficiente de sustentação e o ângulo de ataque de um perfil aerodinâmico NACA 0018, foram realizadas simulações numéricas computacionais através do software Fluent e as malhas computacionais obtidas através do aplicativo Meshing, disponível no Workbench, sendo a geometria desenhada em SolidWoks. Os resultados das simulações numéricas foram comparados com dados experimentais obtidos no túnel de vento do laboratório de Engenharia Mecânica da URI Campus Erechim. Desta forma, usinou-se em uma fresa CNC o perfil NACA 0018 num material polímero (sibatu) e desenvolveu-se um instrumento para a medição do coeficiente de sustentação no túnel de vento, neste instrumento fez o uso de extensômetros (*Strain Gages*) e o método de aquisição de dados foi através de um multímetro obtidos pela diferença de potencial gerada pelo extensômetro. Os resultados aproximam-se dos encontrados na literatura, tanto para as simulações numéricas computacionais quanto para os estudos experimentais, o ângulo de ataque onde ocorreu o estol foi o mesmo para todos os estudos: 12º de inclinação. Sugere-se como continuação do projeto medir o arrasto no túnel de vento e comparar com resultados existentes na literatura ou com simulações numéricas. Além disso, pode-se incrementar o perfil aerodinâmico com flaps, ailerons ou winglets e experimentar os mesmos no túnel de vento para avaliar se ocorre uma melhora no desempenho aerodinâmico do perfil da asa.*

Keywords: *CFD, sustentação, estudo experimental, ângulo de ataque.*

1. INTRODUÇÃO

Em épocas onde não existiam computadores ou softwares de simulação, os estudos em perfis aerodinâmicos eram feitos através de experimentos com perfis com formato de asa e pássaro. Estes estudos se intensificaram no fim do século XIX quando Horatio Frederick Philips patenteou uma série de aerofólios após testá-los em um túnel de vento em que correntes artificiais de ar foram produzidas a partir de indução por um jato de vapor em um tronco de madeira. Otto Lilienthal reproduziu e publicou através de seu livro "Flight Bird as the Basis of Aviation" em 1894 estudos de perfis aerodinâmicos baseados nas asas de pássaros onde acreditava que o segredo do voo era a curvatura da asa, além disso, experimentou raios de bordos e distribuições de espessura diferentes (KROO, 1999).

Até o fim do século XIX, o método mais utilizado para o estudo de perfis aerodinâmicos havia sido o da tentativa e erro, o que, definitivamente, não é muito eficiente, porém perfis como o Y Clark e Göttingen 398 foram bem-sucedidos e, posteriormente, em 1920, utilizados para a criação da famosa gama de aerofólios da National Advisory Committee for Aeronautics (NACA). Em 1939, Eastman Jacobs desenvolveu o primeiro perfil de escoamento laminar com baixos coeficientes de arrasto. Com a evolução tecnológica voltada para pesquisa por parte da NACA, surgem perfis simétricos utilizados na aviação.

Este trabalho abordou o estudo em um perfil aerodinâmico NACA 0018, para o qual foram realizadas simulações numéricas computacionais e estudos em um túnel de vento para a verificação do coeficiente de sustentação. Os resultados foram comparados com estudos já existentes.

Para o experimento, a geometria do perfil NACA 0018 foi desenhada através do software SolidWorks, passando para a usinagem em uma fresa CNC. Além disso, foi construído um instrumento de medição a aquisição de dados do perfil quando testado no túnel de vento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O entendimento de um perfil aerodinâmico inicia-se conhecendo suas partes, bem como os pontos onde ocorrem medições da corda, ângulo de ataque, entre outras variáveis. O extradorso representa a parte superior do perfil e o intradorso a parte inferior; a corda é uma linha reta que une o bordo de ataque e o bordo de fuga do aerofólio; os bordos de ataque e de fuga representam onde o escoamento inicia e termina no aerofólio, respectivamente. O ângulo de ataque representa o ângulo compreendido entre a corda e a direção do movimento do aerofólio relativo ao ar, sendo de suma importância para a determinação de coeficientes de arrasto e sustentação. Outro ponto importante é o ponto de

estagnação, que é uma região próxima ao bordo de ataque onde a velocidade local fica estagnada ou, em outras palavras, para com relação à superfície do aerofólio. Este é o ponto onde o escoamento se separa.

No bordo de fuga de um perfil aerodinâmico, quando o mesmo tem um ângulo de ataque, há o aparecimento de um gradiente adverso de pressão, no qual a pressão cresce no sentido do escoamento, provocará uma redução nas velocidades das partículas a uma taxa maior do que aquela devido somente ao atrito da camada limite. Se o gradiente adverso de pressão for severo o bastante, as partículas fluidas da camada-limite serão de fato levadas ao repouso. Quando isto ocorre, estas partículas serão forçadas a afastar-se da superfície do corpo (separação do escoamento) de modo a dar espaço as partículas seguintes, resultando em uma esteira na qual o escoamento é turbulento (FOX e MCDONALD, 2006). Nessas regiões onde atua o gradiente de pressão adverso ocorrem as recirculações (vórtices), conforme ilustra a Figura 1. Geralmente, os vórtices são formados no extradorso, no bordo de fuga do perfil de asa. Além disso, quanto maior o ângulo de ataque, maior será a atuação do gradiente de pressão adverso.

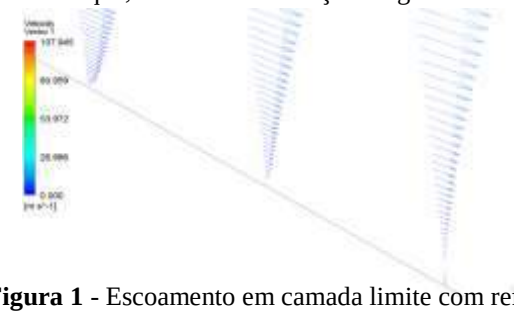


Figura 1 - Escoamento em camada limite com refluxos.

2.1 Arrasto, Sustentação e Estol

A sustentação é a responsável por vencer o peso da aeronave e garantir o voo (RODRIGUES, 2014). A criação da força de sustentação pode ser explicada através do escoamento em torno do aerofólio e, segundo Bernoulli, a velocidade de uma partícula de um fluido aumenta enquanto ela escoa ao longo de uma linha de corrente, a pressão dinâmica do fluido deve aumentar e vice-versa. Na parte superior da asa a velocidade do ar é maior (partículas percorrem maior distância em um mesmo intervalo de tempo comparadas as da parte inferior da asa), portanto a pressão estática na superfície superior é menor do que a da superfície inferior, o que cria uma força de baixo para cima.

Figura 2: Diagrama de forças em uma asa de avião.
Fonte: http://voo.no.sapo.pt/sustentacao.jpg

As forças que atuam em um perfil aerodinâmico são componentes da força resultante de pressão nas direções normal ao movimento (escoamento relativo) e na direção do movimento. A primeira componente gera a força de sustentação (FL) e a segunda a força de arrasto aerodinâmico (ROSA, 2006). O coeficiente de sustentação (CL) é dado por:

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2} \cdot \rho V^2 A_{py}}, \qquad (1)$$

onde ρ é a densidade do fluido em kg/m^3, V é a velocidade relativa em m/s e Ap, em m^2, é a área perpendicular ao escoamento para a sustentação (APY) (FOX e MCDONALD, 2006).

3. Simulações Utilizando o Software Fluent

A metodologia empregada no desenho da geometria foi através do software SolidWorks, passando para a geração de malhas através do aplicativo Meshing, encontrado no pacote Workbench. Para o processamento e a definição da física do problema utilizou-se o software Fluent, plotando-se os resultados no CFD-Post.

A envergadura utilizada foi de 180 mm, pois foi o suportado para a usinagem CNC no laboratório de engenharia mecânica da URI Campus Erechim. Já o perfil NACA 0018 é mostrado na Figura 3, sendo o mesmo simétrico.

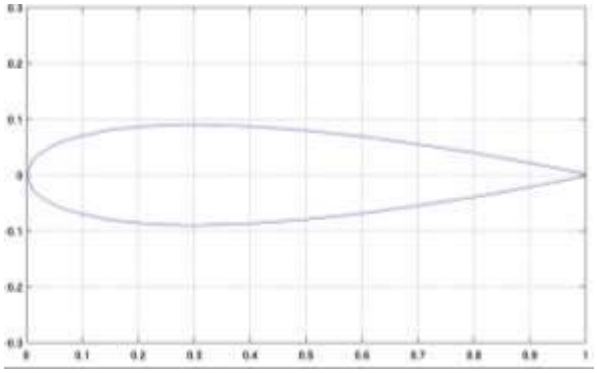


Figura 3 – Perfil de asa NACA 0018

As condições iniciais definidas para as simulações são mostradas no Quadro 1. Imaginou-se um cubo onde a asa foi colocada após o centro.

Parte	Condição de contorno
Entrada	20,75 m/s
Saída	Pressão atmosférica
Paredes	Condição de não deslizamento

Quadro 1- Condições de contorno para as simulações

A Figura 4 ilustra uma das malhas computacionais geradas pelo aplicativo Meshing, disponível no pacote Workbench.

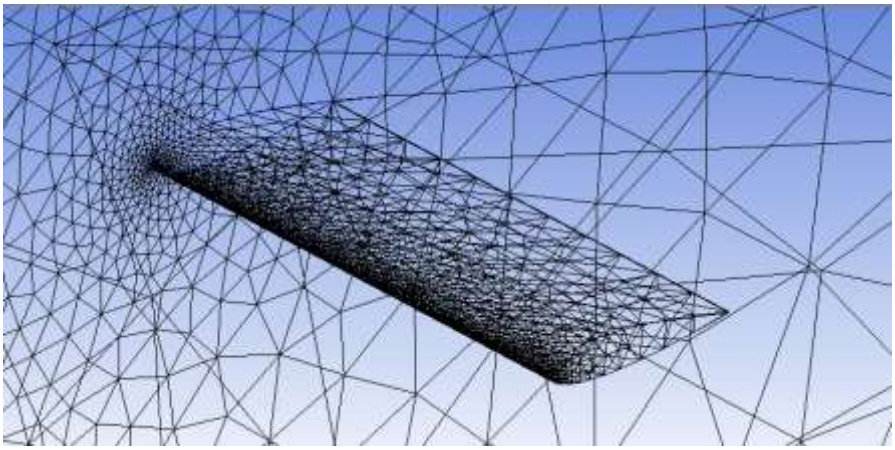


Figura 4 – Malha computacional utilizada para as simulações numéricas

2.2 Experimento no Túnel de Vento

O experimento no túnel de vento necessitou a confecção do perfil aerodinâmico em um material sólido. Para isso, utilizou-se uma barra de sibatu com diâmetro de 100 mm e comprimento de 200 mm.

Utilizando uma máquina CNC (Computer Numeric Control), usinou-se o perfil aerodinâmico e para corrigir imperfeições utilizou-se massa para funilaria automotiva e após lixou-se toda a área, deixando o perfil conforme a Figura 5.

Figura 5 – Perfil NACA 0018 após correções na superfície.

Com o perfil usinado, utilizou-se uma superfície de madeira para a colocação do aerofólio no túnel de vento. Para que o aerofólio ficasse no centro do túnel, o mesmo foi fixado em uma chapa de metal e preso com um parafuso conforme a Figura 6 abaixo.

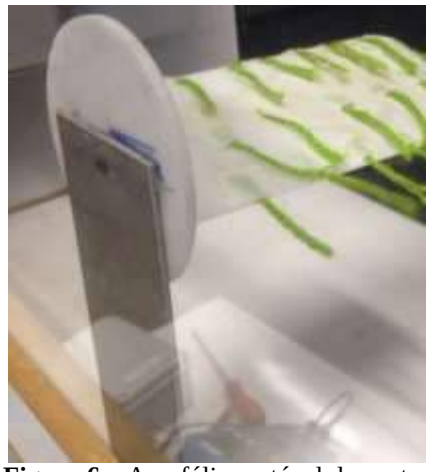


Figura 6 – Aerofólio no túnel de vento.

Para a medição das forças de sustentação do aerofólio foi necessário o desenvolvimento de um sistema de medição utilizando extensômetros. Este sistema utilizou os seguintes componentes:

- Fonte de 24 volts;
- Acelerômetro;
- *Strain Gages*;
- Serra fita;
- Multímetro.

A fonte é utilizada para energizar o sistema, o acelerômetro para o controle da sensibilidade, e o multímetro para a aquisição de dados. Os *Strain Gages* foram colados na superfície da serra fita, pois é um material que se deforma e a deformação pode ser medida pelos extensômetros, conforme a Figura 7.

Figura 7 – Instrumento de medição utilizado.

4. RESULTADOS

Os experimentos (simulações e utilizando o túnel de vento) produziram valores para o coeficiente de sustentação (C_L). Os mesmos foram comparados com os resultados de Santos (2012).

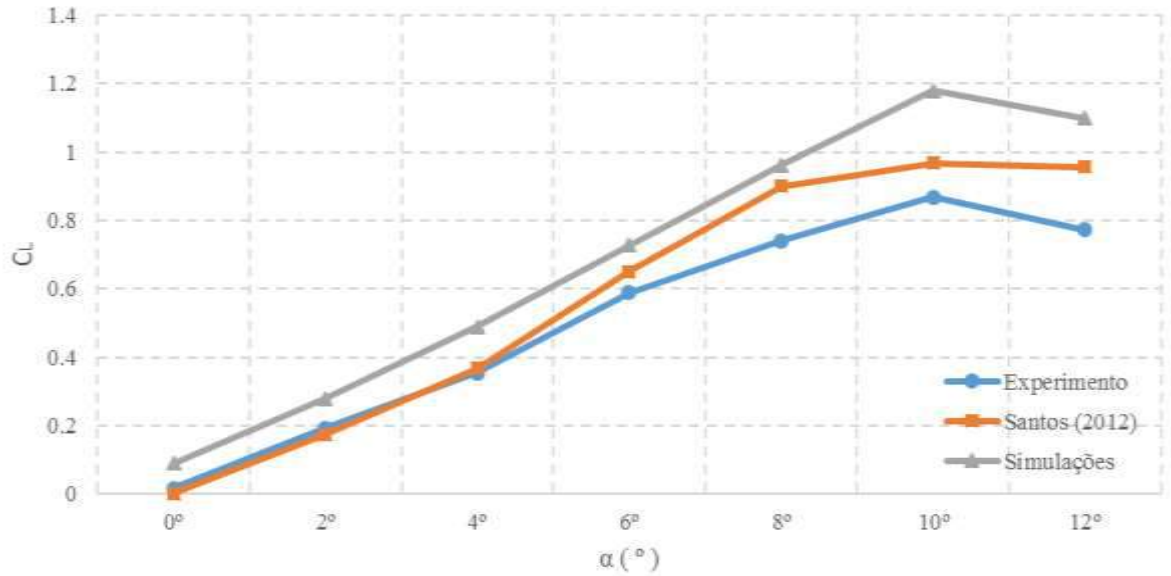


Figura 8 – Gráfico ângulo de ataque x Coeficiente de Sustentação

Nota-se que os resultados encontrados para o experimento se aproximam dos de Santos (2012) do ângulo de ataque de 0º até o ângulo de 4º. Após, o coeficiente de sustentação encontrado no experimento é menor.

As simulações produziram maiores valores para o coeficiente de sustentação tanto para o experimento quanto para os resultados de Santos (2012). O estol ocorreu no ângulo de 12º para os três casos, porém nas simulações o coeficiente de sustentação se aproximou de 1,2, diferente do apresentado por Santos (2012), que se aproximou de 1 e dos resultados experimentais, que se aproximou de 0,9.

Ensaios realizados com fios de lã tem a finalidade de visualizar o escoamento sobre as superfícies do modelo e observar as regiões de recirculação conforme a posição desordenada dos fios de lã. As Figuras 9 e 10 mostram o experimento utilizando esta técnica.

Figura 9 – Bordo de fuga do aerofólio no túnel de vento.

Figura 10 – Bordo de ataque do aerofólio no túnel de vento.

5. CONCLUSÕES

As asas de um avião são a parte de um projeto na qual se direciona grande parte do tempo com estudos em softwares computacionais e em experimentos. Estudos experimentais são a base para o aperfeiçoamento de um projeto que se utiliza da aerodinâmica. Neste trabalho apresentou-se os resultados experimentais do perfil NACA 0018 quanto ao coeficiente de sustentação em um túnel de vento. Os resultados foram comparados com simulações numéricas feitas através do software Fluent e com resultados disponíveis na literatura. Pode-se dizer que os coeficientes de sustentação ficaram próximos dos resultados encontrados na literatura, principalmente os resultados experimentais.

O ângulo de ataque de estol encontrado foi de 12º para o experimento e para as simulações, assim como nos experimentos de Santos (2012). Os valores do coeficiente de sustentação ficaram um pouco maiores do que os encontrados na literatura e no experimento, porém são valores na grandeza de 0,1. Para se obter melhores resultados computacionais pode-se refinar a malha ainda mais, ou criar uma região de refinamento próxima a parede do aerofólio.

Para o experimento no túnel de vento usinou-se em uma máquina CNC o perfil NACA 0018. Além disso, criou-se um instrumento para a medição e verificação dos resultados encontrados.

No segmento do projeto pode-se medir o arrasto no túnel de vento e comparar com resultados existentes na literatura ou com simulações numéricas. Além disso, pode-se incrementar o perfil aerodinâmico e acrescentar flaps, ailerons ou winglets para testar no túnel de vento se há uma melhora aerodinâmica do aerofólio.

6. REFERÊNCIAS

ASSY, Tufi Mamed. Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC 2004

FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T. Introdução a Mecânica dos Fluidos. 4 ed. Rio de Janeiro LTC: 1995

MALISKA, Clovis R. Transferência de Calor e mecânica dos Fluidos Computacional:Fundamentos e Coordenadas Generalizadas. Rio de Janeiro LTC: 1995.

MUNSON, Bruce R.; YOUNG, Donald F.; OKIISHI, Theodore H. Fundamentos da Mecânica dos Fluidos. 4 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2004

RODRIGUES, L.E.M.J., Fundamentos da engenharia aeronáutica com aplicações ao projeto SAE-Aerodesign: Aerodinâmica e desempenho. Salto/SP : 1 ed., 2014.

ROSA, E., Introdução ao Projeto Aeronáutico: uma contribuição à Competição SAE Aerodesign. Florianópolis : UFSC/GRANTE : Ed Tribo da Ilha,2006

SANTOS, Alexandre André Coelho. Simulação Numérica de Perfis Alares Utilizados em Aerogeradores de Eixo Vertical. 2012. 56f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2012.

7. TERMO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluindo este artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

QUALIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DO PROCESSO FSW (FRICTION STIR WELDING) PARA A SOLDAGEM DE CHAPAS DE ALUMÍNIO DA LIGA AA 5058

Bruno Eduardo Kozerski Giaretton
Arthur Bortolin Beskow
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
brunoeduardo.bz@gmail.com, arthur@uricer.edu.br

Resumo. *O objetivo deste trabalho foi qualificar utilizando ensaios mecânicos de tração e dobramento o processo FSW (Friction Stir Welding) em juntas de topo nas uniões de chapas de alumínio AA 5083-O com 2 mm de espessura para posterior aplicação em carros de combate a incêndio. Foi utilizado o metal base alumínio, a liga AA 5083-O, braço robótico modelo YS165G3 e uma ferramenta de soldagem com ombro de 10 mm de diâmetro, contendo estrias em espiral com passe 3 mm e pino cônico com ponta de 2,9 mm, base 4 mm e comprimento de 1,6 mm com rosca M3 cônica. Os resultados mostraram que faltou penetração na raiz da soldagem, o que pode ser modificado aumentando a profundidade de penetração de ferramenta e aumento do comprimento do pino. Os testes de tração apresentaram uma média de tensão de escoamento de 127,3 MPa e média da tensão máxima de tração de 163,4 MPa. Foi possível obter uma solda contínua, sem rebarbas e com aparência superficial adequada por meio do processo FSW. Entretanto, devido a não penetração completa do pino da ferramenta na região soldada, houve a ruptura da solda, não podendo ser qualificada por este ensaio mecânico de tração.*

Palavras-chave: *soldagem; tração; dobramento.*

1. INTRODUÇÃO

Desenvolvida em 1991 pelo *The Welding Institute* (TWI) na Inglaterra (Thomas *et al*., 1991), a tecnologia de soldagem por fricção e mistura mecânica denominada *Friction Stir Welding* - FSW, tem sido aplicada com sucesso na união de diversas ligas metálicas, incluindo metais dissimilares. O processo, realizado no estado sólido, envolve essencialmente calor por fricção e deformação plástica severa, decorrentes da interação entre a ferramenta não consumível e as peças a serem soldadas (Mishra e Ma, 2005; Campanelli *et al*., 2011).

Segundo Mishra e Mahoney (2007), o conceito básico do processo FSW é relativamente simples, no qual uma ferramenta cilíndrica rotativa não consumível, possuindo um pino e um ombro, é inserida nas bordas adjacentes das chapas metálicas a serem soldadas, percorrendo linearmente a extensão da junta.

Conforme Hiller (2007) e Meilinger e Török (2013), os parâmetros de soldagem, a geometria da ferramenta, o tipo da junta e as próprias experiências e preferências comerciais exercem efeito significativo no padrão de fluxo de material e na qualidade do processo. Sendo assim, para a obtenção de uma solda de boa qualidade, estes parâmetros devem ser determinados e combinados individualmente para cada liga, espessura do material, formato da ferramenta com respectivas dimensões e tipo de equipamento utilizado, uma vez que o uso de parâmetros inadequados podem ocasionar defeitos no processo (Leonard, 2001; Vettori, 2014; Almeida, 2016).

O ensaio de tração consiste na aplicação de uma carga de tração uniaxial em um corpo de prova, geralmente padronizado, onde se pode afirmar que as deformações são uniformemente distribuídas ao longo de todo um corpo de prova específico até a ruptura. A uniformidade da deformação permite ainda obter medições precisas da variação dessa deformação em função da força aplicada (Souza, 1982), Para avaliar a ductilidade do material na região soldada e analisar se houve penetração total nas juntas, o teste de dobramento é empregado (Almeida, 2016), submetendo um corpo de prova a uma deformação plástica por flexão.

O objetivo deste trabalho foi qualificar com os ensaios mecânicos de tração e de dobramento o processo FSW em juntas de topo nas uniões de chapas de alumínio AA 5083-O com 2 mm de espessura para posterior aplicação em carros de combate a incêndio.

2. METODOLOGIA

O material de metal base utilizado foi o alumínio, que segundo a Abal (2017) possui excelentes propriedades mecânicas, alta condutividade elétrica e grande resistência à corrosão. A liga utilizada foi a liga AA 5083-O, disposta em chapas laminadas a frio com elemento de liga principal o magnésio e secundário o manganês. A composição química da liga de alumínio AA 5083-O pode ser observada na Tabela 1. Foram utilizadas chapas de alumínio com 2 mm de espessura, largura de aproximadamente 98 mm e comprimento de 300 mm.

Tabela 1. Composição química da liga AA 5083-O.

Composição Química	
Elemento	**(%)**
Si	0,40
Fe	0,40
Cu	0,10
Mn	0,40 - 1,0
Mg	4,0 - 4,9
Cr	0,05 - 0,25
Zn	0,25
Ti	0,15
Outros	0,20

Fonte: Metalthaga Indústria e Comércio de Metais LTDA

Para o desenvolvimento do processo FSW foi utilizado o braço robótico modelo YS165G3 (desenvolvido pela Panasonic no Japão e importado pela PowerMig do Brasil), do laboratório de engenharia mecânica nas dependências da URI - Erechim (Campus II). Este equipamento possui 6 eixos com capacidade de 160 kg, medido na posição mais crítica e envergadura total de 2,66 m. Sua velocidade de operação pode ser limitada, variando de 0 a 150 m/min. A ferramenta utilizada para o processo de soldagem possuia ombro de diâmetro de 10 mm, contendo estrias em espiral com passe 3 mm e pino cônico com ponta de 2,9 mm, base 4 mm e comprimento de 1,6 mm com rosca M3 cônica.

Foram realizados os corpos de prova do experimento pelo processo FSW para após realizar ensaios mecânicos de tração e dobramento utilizando como base as normas ISO 25239 (2011) e ISO 5173 (2000). As amostras passaram por um processo de usinagem que tem por objetivo retirar as imperfeições deixadas pela ferramenta de soldagem, como a rebarba. Nesta usinagem a camada retirada tem aproximadamente 0,1 mm, e foi feita em toda região que foi analisada posteriormente.

Para análise metalográfica da região soldada foram preparadas amostras a partir de cortes transversais, passando em seguida por lixamento, com lixas de granulometria 150, 220, 300 e 400. Na próxima etapa foi realizado um ataque químico feito com uma solução de ácido clorídrico concentrado, uma parte de ácido nítrico concentrado e água destilada. O resultado deste ataque busca a análise da zona de ligação entre as chapas soldadas, observando imperfeições que podem ocorrer no processo FSW. Para o teste macroscópico a amostra foi preparada de acordo com a norma ISO 17639 (2003), que recomenda que pelo menos um lado deve ser preparado para revelar a região de soldagem. O exame macroscópico foi realizado apenas na região do material afetado pelo processo e esta região não deve apresentar ranhuras antes do ataque químico para evitar falsas impressões visuais, solicitações estas segundo a norma ISO 25239 (2011).

Os ensaios de tração uniaxial foram realizados na máquina de ensaios universais (Shimadzu), com capacidade máxima de 300 kN. Em conjunto com os dados de força fornecidos pela célula de carga da máquina foi acoplado um sistema mais preciso para medição do alongamento do corpo de prova, chamado de extensômetro metálico, com precisão de três casas decimais.

Para a investigação da integridade da junta soldada foi utilizado o ensaio de dobramento seguindo as normas ISO 25239 (2011) e ISO 5173 (2000). Para esse ensaio também foi utilizada a máquina de ensaios universais (Shimadzu), com a adaptação de um cutelo de acordo com a espessura da chapa (determinado pela norma ISO 5173, 2000). Para as chapas utilizadas obteve-se um cutelo de 19 mm de diâmetro apenas modificando as configurações das garras para cutelo e apoio.

Foram realizados dois experimentos com 100 mm de comprimento (denominados RB1 e RB2) com os seguintes parâmetros: inclinação da ferramenta em um ângulo de 3°, sentido de rotação anti-horário a 1900 rpm e com a profundidade de penetração configurada em 4 mm, ou seja, 2 mm abaixo da espessura da chapa para compensar a complacência do braço robótico e garantir a força vertical de soldagem. Além dos parâmetros mencionados, mais dois parâmetros foram utilizados, sendo estes diferentes para cada um dos testes: velocidade de avanço em 50 e 60 mm/mim e tempo de pré-aquecimento inicial de 30 e 40 s, respectivamente para RB1 e RB2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização do processo FSW foram realizados os testes para a qualificação da solda. A Figura 1 apresenta os corpos de prova dispostos no processo FSW, que foram seccionados em quatro corpos de prova cada, dispostos em dobramento de face, tração, dobramento de raiz e tração novamente. Já a Figura 2 mostra um corpo de prova padronizado.

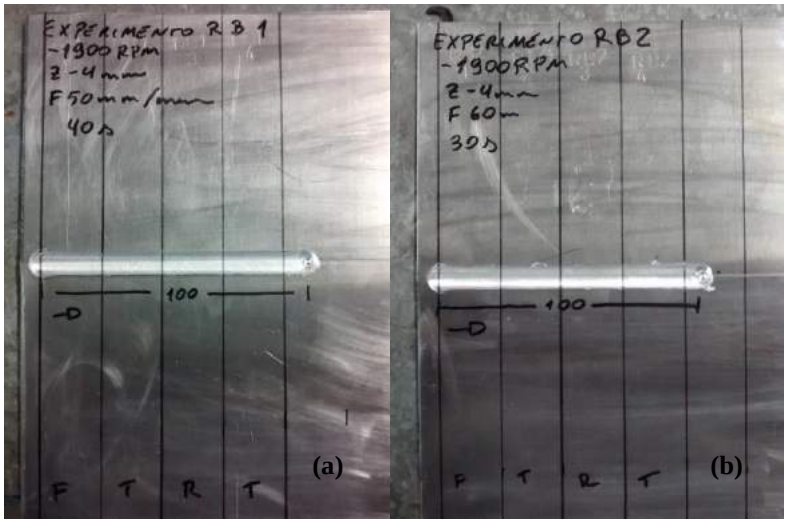


Figura 1. Corpos de prova dos experimentos RB1 (a) e RB2 (b) do processo FSW

Conforme a Figura 1, foi possível obter uma solda contínua, sem rebarbas e com aparência superficial adequada, adquiridas com o processo FSW com braço robótico articulado de 6 eixos.

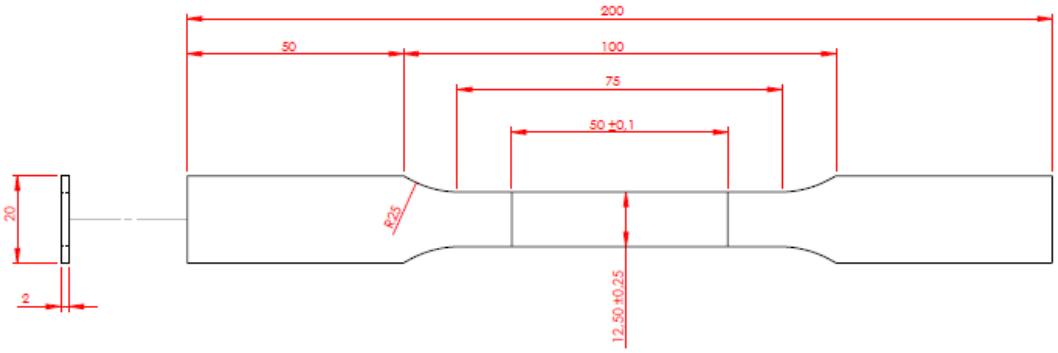


Figura 2. Corpo de prova padronizado no processo FSW.

Os resultados de metalografia para RB1 e RB2 estão apresentados na Figura 3. Nos dois experimentos pode ser verificado que faltou penetração na raiz da soldagem, sendo esta uma imperfeição que pode ocorrer no processo FSW (Fig. 3). Este resultado pode ser modificado aumentando a profundidade de penetração de ferramenta e aumento do comprimento do pino. Segundo Oliviecki e Beskow (2013), o processo FSW foi utilizado na liga de alumínio AA 5083,

e a penetração da solda na raiz não foi suficiente para preencher toda a seção transversal da chapa, o que resultou no rompimento durante o ensaio de dobramento por falta de penetração. Como solução, a altura do pino foi aumentada, aumentando assim a penetração de raiz.

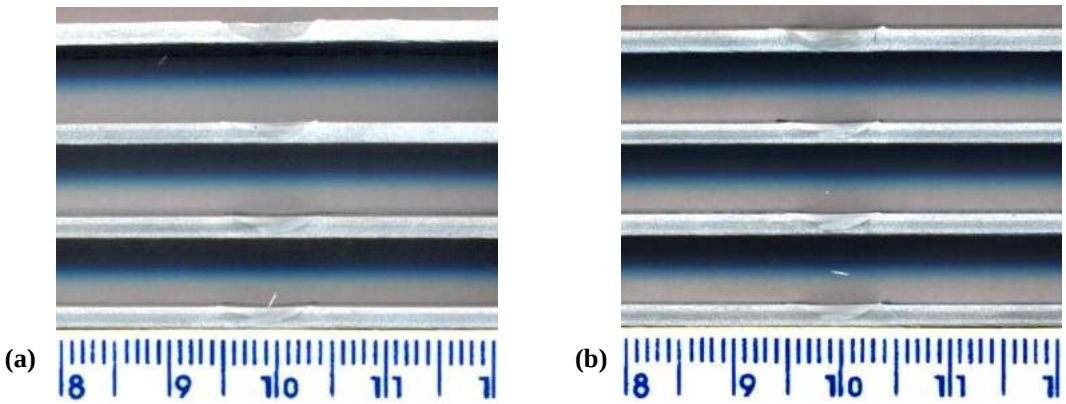


Figura 3. Resultados de metalografia para os experimentos RB1 (a) e RB2 (b).

A Figura 4 apresenta os resultados do ensaio de tração deste trabalho. Para o experimento RB1 foram realizados os testes RB1/CP02 e RB1/CP04, e para o experimento RB2 foram realizados os testes RB2/CP02 e RB2/CP04.

Figura 4. Resultados do ensaio de tração: RB1/CP02 e RB1/CP04; RB2/CP02 e RB2/CP04

Para os dois experimentos foram realizados testes de tração nos corpos de prova utilizando um extensômetro com medida de 50 mm das extremidades entre o centro de cada corpo de prova.

Em ambos os experimentos os ensaios de tração apresentaram uma média de tensão de escoamento de 127,3 MPa, semelhante à do metal base, que segundo o fabricante é de 125-200 MPa. A média da tensão máxima de tração foi de 163,42 MPa, que é inferior a do metal base (275-350 MPa), assim, ocorreu ruptura na região da solda, devido a não penetração completa do pino da ferramenta, sendo desta forma reprovado neste ensaio. Como os parâmetros de soldagem não foram aprovados nos ensaios de tração, os mesmos não foram submetidos ao ensaio mecânico de dobramento para analisar o comportamento na junta soldada.

4. CONCLUSÃO

Através dos resultados apresentados, foi possível obter uma solda contínua, sem rebarbas e com aparência superficial adequada, adquiridas com o braço robótico articulado de 6 eixos por meio do processo FSW. Entretanto,

devido à falta de penetração completa do pino da ferramenta, não se pode qualificar pelo ensaio mecânico de tração a soldagem realizada, havendo a ruptura na região soldada. Os resultados também mostraram ausência de vazios pela análise macroestrutural e que a ferramenta desenvolvida para o processo FSW com chapas de alumínio AA 5083-O de 2 mm obteve uma ótima resistência mediante aos esforços expostos aos experimentos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à URI – Erechim pela realização da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

Abal. Alumínio: versatilidade e vantagens para o setor de transporte. 2017. Disponível em: <http://www.abal.org.br/aluminio/caracteristicas-quimicas-e-fisicas/>. Acesso em: 29 jun. 2017.

Almeida, D.T., 2016. "Correlação entre história térmica e qualidade da junta no processo de FSW da liga de alumínio 5182-O". *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, Vol. 13, n. 4, p. 316-325.

Campanelli, L.C.; Alcântara, N.G. e Santos, G.F., 2011. "Soldagem por Ponto no Estado Sólido de Ligas Leves". *Soldagem e Inspeção*, Vol. 16, n. 3, p. 300-307.

Hiller, D.J., 2007. "Estudo de parâmetros e percursos no processo de soldagem de mistura por atrito (FSW) da liga de alumínio 5052". 128 f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

International Standard Organization, 2003. "ISO 17639: Destructive tests on welds in metallic materials - Macroscopic and microscopic examination of welds".

International Standard Organization, 2011. "ISO 25239-1: Friction Stir Welding - Aluminium".

International Standard Organization, 2000. "ISO 5173: Destructive tests on welds in metallic materials - Bend tests".

Leonard, A.J., 2001. "Flaws in aluminum alloy Friction Stir Welds". In England TWI Rep. n. 726.

Meilinger, A. e Török, I., 2013. "The importance of Friction Stir Welding tool". *Production Processes and Systems*, Vol. 6, n. 1, p. 25 - 34.

Metalthaga Indústria e Comércio de Metais LTDA, 2017. "Certificado de Análise da Chapa de Alumínio liga 5083-O".

Mishra, R.S. e Ma, Z.Y., 2005. "Friction stir welding and processing II". *Materials Science and Engineering: R: Reports*, Vol. 50, p. 1-78.

Mishra, R.S. e Mahoney, M.W., 2007. "Friction Stir Welding and Processing". In ASM International (ed). USA.

Oliviecki, N.J. e Beskow, A.B., 2013. "Análise dos parâmetros do processo de solda por fricção em uma liga de alumínio". *Perspectiva*, Vol. 37, n. 138, p. 15-29.

Souza, S.A., 1982. "Ensaios Mecânicos de Materiais Metálicos". In Edgard Blucher (5 ed). São Paulo.

Thomas, W.M.; Nicholas, E.D.; Needham, J.C.; Murch, M.G.; Temple-Smith, P. e Dawes, C.J., 1991. "GB Patent Application 9125978.8". *UK Patent Office*, London.

Vettori, E.C., 2014. "Análise do Perfil de Temperaturas Durante o Processo de Soldagem por Fricção de Chapas de Alumínio da Liga AA 5083". 59 f. *Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica)*. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Erechim.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

COMPARAÇÃO E ANÁLISE DAS EMISSÕES DE GASES DE UM MOTOR VW AP 1.8 CICLO OTTO COM PORCENTAGEM DE ETANOL NA GASOLINA ACIMA DA QUANTIDADE DETERMINADA PELA RESOLUÇÃO DO PROCONVE

Carlos Henrique Jevinski[1]
Juliano Hawryluk[2]
URI Erechim, RS331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000.
ch.jevinski@hotmail.com[1]; juliano@uricer.edu.br[2]

Resumo. *No presente trabalho desenvolveu-se um estudo que analisa as emissões de gases produzidas por um motor de combustão interna ciclo Otto, variando-se a porcentagem de etanol misturado na gasolina, com a intenção de analisar e comparar estas emissões, através de testes práticos realizados em um motor da marca Volkswagen, modelo AP 1.8, disponibilizado pelo laboratório de Engenharia Mecânica da URI – Campus Erechim/RS. As emissões de gases poluentes do motor foram obtidas através de comparações dos valores de leituras dos valores a partir de uma sonda lambda interligada a um módulo de controle eletrônico programável, posteriormente transformados em valores de emissões de acordo com a gráficos encontrados na pesquisa bibliográfica. Como principais resultados é possível citar que os valores médios de lambda das amostras de combustíveis, convertidos em níveis de poluição, apresentaram resultados acima dos permitidos pela legislação, porém aproximando-se aos valores descritos na bibliografia, e assim concluindo que as emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos diminuem com o aumento da quantidade de etanol e as emissões de óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono aumentam.*

Palavras-Chave: *Motor, Emissões, Combustão Interna, Etanol, Poluição.*

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da revolução industrial foram desenvolvidas várias máquinas baseadas na conversão de energia potencial química de um combustível em trabalho mecânico. A partir da invenção de Nikolaus Otto em 1867, os motores de combustão interna tem sido tema de investigação e desenvolvimento contínuos. Recentemente as questões ambientais e a escassez cada vez maior de recursos energéticos tem sido a motivação principal para as atividades de pesquisa e desenvolvimento (GONÇALVES, 2008).

Após muita evolução, os motores de combustão interna ciclo Otto, são parte fundamental na fabricação de veículos de pequeno porte comercializados no mundo inteiro, utilizando combustíveis leves como gás natural, gasolina, etanol ou até mesmo a mistura entre os últimos (HURTADO, 2012).

Desde o início da fabricação automotiva no Brasil, o chumbo tetraetila era utilizado como aditivo para aumento da octanagem da gasolina, porém devido aos seus malefícios ao meio ambiente e a saúde dos humanos e animais, em 1992 o Brasil aboliu a utilização do chumbo na mistura com gasolina. Em 1931, se iniciou a utilização de etanol como seu substituto, a mistura de etanol à gasolina era de aproximadamente 5% do volume de gasolina. Entretanto com mudanças políticas energéticas e nos preços dos combustíveis, instituiu-se a mudança da adição para 10%. E em 1975, criou-se um programa com a finalidade de estimular o uso do etanol em automóveis leves, o Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL). A partir daí a quantidade de etanol na gasolina só aumentou, em 1993, o Governo introduziu novas leis e decretos, aumentando o índice para valores que podiam variar de 20% a 25% (MENDES, 2004). De acordo com a Resolução No 1 do Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA) esse acréscimo de etanol está fixado em 27%.

O presente trabalho tem o propósito de analisar e comparar as emissões de um motor de combustão interna a partir do percentual de etanol misturado à gasolina, assim comparando as suas emissões com a resolução vigente.

2. METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido no laboratório de motores da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI – Campus II), localizada na cidade de Erechim no estado do Rio Grande do Sul.

O procedimento inicial para realização dos ensaios deste estudo começa a partir da obtenção das amostras de combustível, e em seguida, a execução dos testes, com medições e aquisições de dados no motor. Por fim, foi efetuada a análise de incertezas e análise comparativa dos dados coletados.

2.1 Motor Utilizado

Para realizar as medições das emissões dos gases foi utilizado um motor de combustão interna Ciclo Otto, Volkswagen AP 1.8, o qual não opera com a ECU original e sim com um módulo de controle programável Pro Tune PR 440.

Este equipou alguns modelos da marca, produzidos entre os anos de 1984 a 2006, sendo muito utilizado em modelos da marca como, Passat, Santana, Santana Quantum, Gol, Parati, Voyage, Saveiro, Apollo, Logus, Pointer, Polo Classic e Van.

2.2 Combustível Utilizado

Como combustível para a realização das medições foi utilizada a gasolina comum atualmente comercializada nos postos de combustível, sendo que todo o etanol presente nela foi extraído, a partir de experimento, utilizando água destilada, onde foram misturadas mesmas proporções de água e gasolina, tornando a gasolina pura. Posteriormente foram aplicadas porcentagens variadas de etanol nesta gasolina, passando a utilizar estas misturas como combustível para o funcionamento do motor e na realização dos testes, postulando-se assim os quatro casos de estudo, sendo que todos utilizaram-se gasolina pura, adicionando o etanol em determinadas porcentagens. O primeiro com adição de 27% de etanol; o segundo com 34%; o terceiro com 42% e o quarto com 50%.

Inicialmente foi feito uma análise da gasolina atualmente comercializada nos postos de combustível, para assim verificar se a quantidade de etanol esta condizente com a norma em vigor. Para fazer essa análise foram utilizados 50 ml de gasolina e 50 ml de água destilada. Foram adicionados a uma mesma proveta graduada com capacidade de 100 ml, para fazer a separação, o combustível misturado na proveta, se dividiu em suas fases após a agitação realizada, ainda se nota que a gasolina pura ficou na parte superior da proveta e a água+etanol na parte inferior. Observando a Fig. 2.1 constata-se que a gasolina ficou entre os valores de 61 ml e 97 ml, resultando em 36 ml de gasolina. Onde, a partir de método matemático, 50 ml de combustível é 100%, os 36 ml de gasolina resultaram em 73% do volume, diante disso, verifica-se que a gasolina tem 27% de etanol adicionado, ou seja, a gasolina está sendo comercializada com a quantidade correta de etanol.

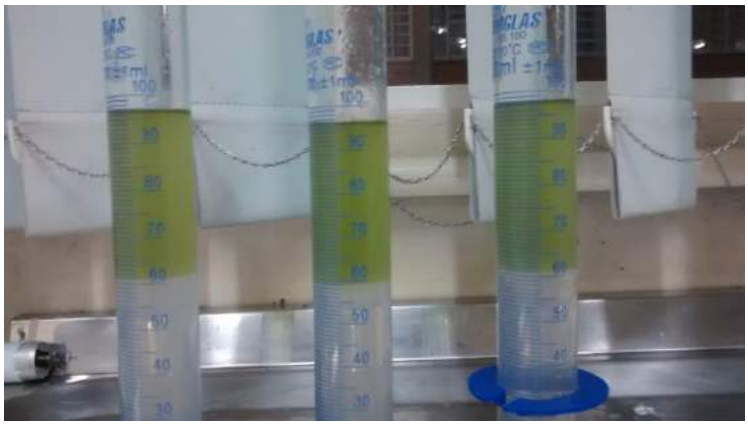


Figura 2.1 - Experimento da separação do etanol e da gasolina.

2.3 Realização das Medições e Aquisição de Dados

A realização das medições das emissões realizada foi baseada nos procedimentos descritos na Instrução Normativa n° 6, de 8 de junho de 2010 do IBAMA. Os principais gases analisados foram o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NOx) e o dióxido de carbono (CO_2). Preliminarmente, já utilizando a amostra de combustível com 27%, o motor foi ligado, mantendo-o em funcionamento até atingir sua temperatura ideal de trabalho, na faixa entre 80 a 90 °C, mantendo para todos os testes o mesmo mapa da injeção eletrônica, configurado para um lambda alvo de 0,95, sendo que essa configuração do modulo de injeção foi realizada utilizando gasolina comercializada nos postos de combustível. Este modulo de injeção eletrônica permite fazer autocorreções no valor de lambda, para que fique o mais próximo do estipulado na configuração, mas como o princípio deste trabalho é a variação de percentual na gasolina, a opção de autocorreção de lambda foi desativada assim que o módulo foi configurado. A rotação do motor foi mantida em 2500 RPM, com variação de 200 RPM para mais ou para menos, conforme descrito na

Instrução Normativa. Esses parâmetros foram controlados através do programa Pro Tune Workbench 3.12.15 instalado em um notebook e conectado ao módulo de controle Pro Tune TLM 2.4. A tela do software durante os testes pode ser visualizada na Fig. 2.2.

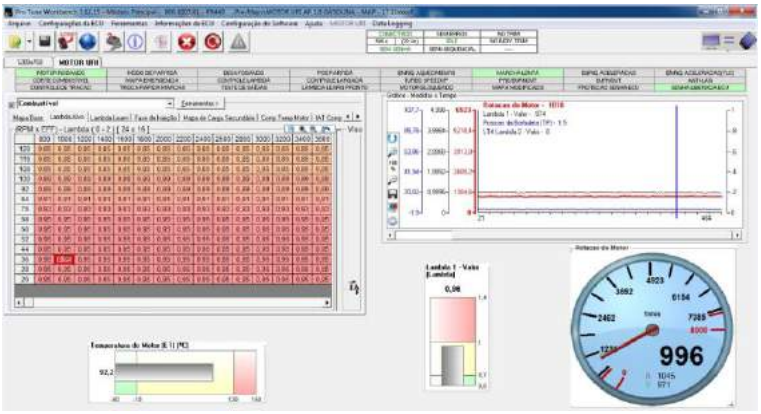


Figura 2.2 - Tela do software durante a realização do teste.

Antes do início da realização dos testes com o combustível, deve-se manter o motor ligado em aproximadamente 2000 RPM até que a sua temperatura esteja entre 80 oC e 90 oC, a partir deste ponto é necessário a troca de combustível para realização dos testes. Depois da troca de combustível, foi dada a partida no motor e mantido ligado cerca de 2 minutos para que o combustível anterior que estava na bomba e nas mangueiras de combustível fosse queimado. Posterior a esta preparação, seguindo a Instrução Normativa n° 6 do IBAMA, que determina que a rotação do motor seja o mais próximo possível de 2500 RPM, iniciou-se a medição da amostra com 27% de etanol durante um tempo cronometrado de 180 segundos. Ao longo desse tempo, ocorreu a obtenção dos dados, sendo registrado o valor de lambda a cada 30 segundos. Os valores de lambda dos gases são identificados pela sonda lambda Bosch e apresentados em forma numérica pelo visor de interface do módulo Pro Tune ou pelo software. Ao fim do período de 180 segundos o motor é desligado, finalizando deste modo o primeiro dos quatro testes para esta amostra de combustível. Este procedimento foi utilizado para a realização de todos os testes, de cada amostra de combustível. Antes de iniciar o ensaio com a segunda amostra de combustível, é necessário retirar o restante do combustível da amostra anterior, utilizando a abertura da mangueira abaixo do tanque, objetivando não ocorrer interferência nos valores coletados da próxima amostra. Feito isso, o motor foi abastecido com a amostra de combustível seguinte e novamente foram executados os mesmos procedimentos. Deste modo, os testes foram realizados com os mesmos procedimentos e parâmetros três vezes para cada amostra de combustível, totalizando 18 leituras do valor de lambda para cada amostra.

3. RESULTADOS E DISCUÇÕES

A partir do valor de lambda médio de cada amostra, pode-se calcular qual foi a quantidade de gases emitidos em partes por milhão (ppm) e em porcentagem, através das equações das retas dos gráficos encontradas em Cunico (2016). Substituindo a constante X pelo valor médio, encontrou-se os resultados apresentados na Tab. 3.1. Estas equações representam a reta presente nos gráficos até o valor de lambda igual a 1, mostrados na Fig. 3.1.

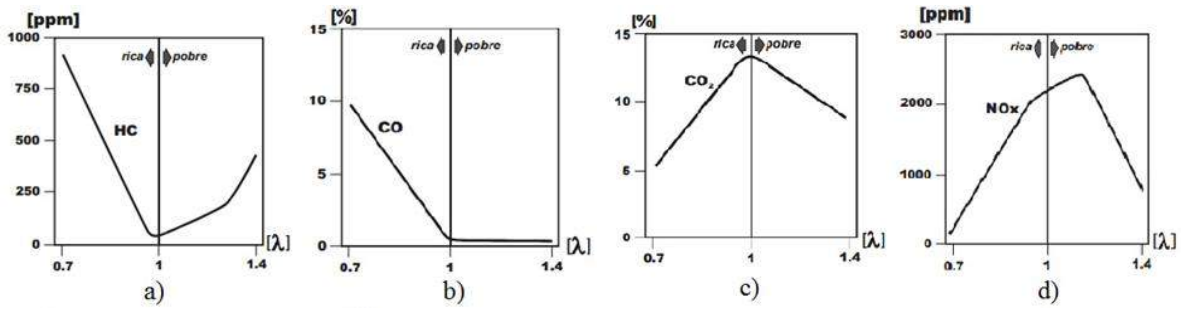


Figura 3.1 - Gráficos dos gases emitidos pela exaustão**, a)** Hidrocarbonetos, **b)** Monóxido de Carbono, **c)** Dióxido de Carbono e **d)** Óxidos de Nitrogênio.
Fonte: Manavella (2015).

Tabela 3.1 – Valores de emissões encontrados a partir das equações.

	Amostra 01	**Amostra 02**	**Amostra 03**	**Amostra 04**
Dióxido de Carbono (CO_2)	9,87 % ± 0,29 %	10,60 % ± 0,29 %	11,17 % ± 0,29 %	13,65 % ± 0,29 %
Óxidos de Nitrogênio (NO_x)	1471,60 ppm ± 83,33 ppm	1679,92 ppm ± 83,33 ppm	1841,96 ppm ± 83,33 ppm	2550,26 ppm ± 83,33 ppm
Monóxido de Carbono (CO)	5,04 % ± 0,31 %	4,25 % ± 0,31 %	3,63 % ± 0,31 %	0,94 % ± 0,31 %
Hidrocarbonetos (HC)	417,41 ppm ± 31,38 ppm	338,96 ppm ± 31,38 ppm	277,94 ppm ± 31,38 ppm	11,20 ppm ± 3,14 ppm

3.1 Emissão de Monóxido de Carbono (CO)

Na Fig. 3.2 nota-se que o monóxido de carbono (CO) presente nas emissões das amostras testadas é maior do que a resolução determina, por ser um gás levemente inflamável e altamente tóxico, o monóxido de carbono não pode ultrapassar o valor de 0,3% do volume de emissões automotivas. A quantidade de monóxido de carbono aumenta quando a relação de ar/combustível fica mais pobre ou mais rica, devido a quantidade de ar que entra no motor, fazendo com que a mistura fique incompleta.

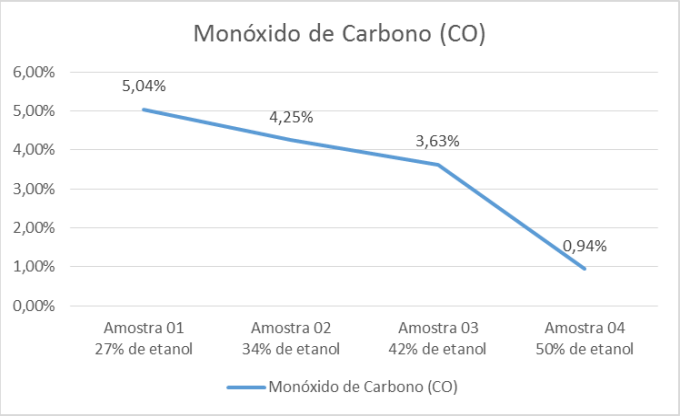


Figura 3.2 - Valores de Monóxido de Carbono por amostra de combustível.

Como pode ser visto, a emissão de monóxido de carbono (CO) diminuiu aumentando a quantidade de etanol na gasolina, devido ter mais oxigênio para oxidar as moléculas de carbono presentes na gasolina, emitindo assim menos CO. Os resultados esperados convergiram para todas as amostras de combustível, fazendo com que o gráfico comparativo de todas as amostras seja descendente.

3.2 Emissão de Hidrocarbonetos (HC)

Os hidrocarbonetos são emitidos principalmente devido a combustão incompleta e as emissões evaporativas, a emissão deste gás aumenta conforme a mistura de ar/combustível vai se tornando mais pobre ou mais rica, ou seja, a sua emissão é a menor possível quando esta relação é igual a 1, onde todo o combustível que está entrando na câmara de combustão está sendo queimado, como pode ser visto na Fig. 3.3, onde os valores de lambda das amostras foi aumentando, ou seja, ficando mais próximos a 1.

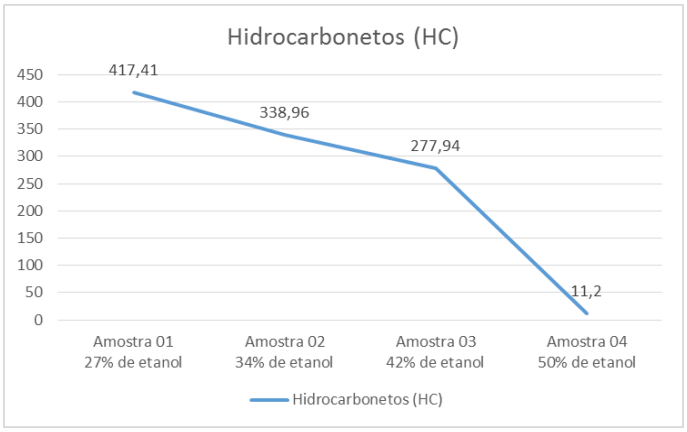


Figura 3.3 - Valores de emissões encontradas para os hidrocarbonetos.

Com o aumento de etanol adicionado à gasolina, espera-se que a emissão de hidrocarbonetos diminua, como pode ser observado na Fig. 3.3, onde somente a amostra com 50% de etanol apresentou emissão menor que a imposta pela legislação, que é de 100 ppm de hidrocarbonetos.

3.3 Emissão de Dióxido de Carbono (CO_2)

Constata-se na Fig. 3.4 que a quantidade de CO_2 emitida na amostra de 50% de etanol foi de 13,65%, enquanto a amostra com 27% de etanol, emitiu 9,87% de CO_2. O dióxido de carbono, também conhecido como gás carbônico, é um grande causador do efeito estufa e ao contrário dos hidrocarbonetos, tem sua emissão máxima na combustão completa. Por um lado, o gás carbônico é essencial para a vida de algumas espécies, mas de certa forma é muito prejudicial ao meio ambiente e ao ser humano, podendo causar sérios problemas respiratórios. Devido a esses problemas foram criados limites para a qualidade do ar.

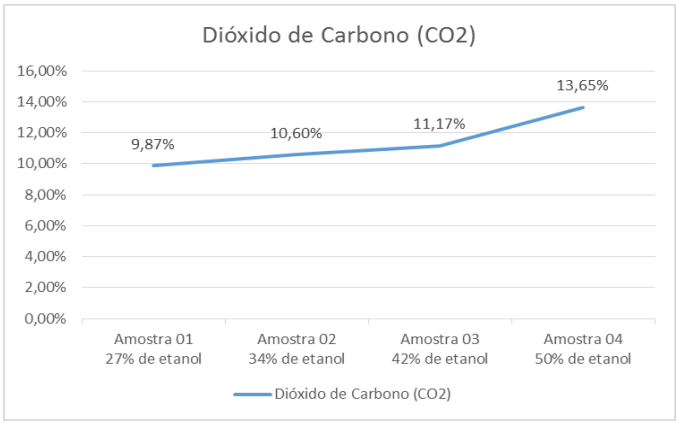


Figura 3.4 - Valores de Dióxido de Carbono para cada amostra de combustível.

Segundo Manavella (2015) a emissão de CO_2 pode ser utilizada para medir a eficiência do motor, onde se a emissão de dióxido de carbono for maior que 12% a eficiência do motor é considerada boa. Em todas as amostras de combustível o motor se mostrou com boa eficiência, devido a emissão de CO_2 acompanhar a mesma linha teórica observada por Cunico (2016), a qual deve aumentar a emissão deste gás conforme aumenta-se a quantidade de etanol na gasolina.

3.4 Emissão de Óxidos de Nitrogênio (NOx)

Os óxidos de nitrogênio, assim como os outros gases emitidos, são tóxicos aos seres humanos, podendo causar problemas respiratórios e mal funcionamento do sistema pulmonar. Além de serem grandes contribuintes para o efeito estufa, os óxidos de nitrogênio são emitidos em grande quantidade pelos motores de combustão interna, assim podendo causar a chuva ácida, que pode destruir plantações, causar a corrosão em automóveis, poluindo rios e assim matando animais. Como pode ser visto na Fig. 3.5, a emissão de NOx produzida pelas amostras de combustível, seguiu a mesma linha teórica descrita. A amostra com 27% de etanol emitiu 1471,60 ppm de NOx, aumentando a cada nova amostra

testada, alcançando 2550,26 ppm na amostra com 50% de etanol. Deve-se a relação de ar/combustível ser mais próxima da ideal, onde todo o combustível que entra na câmara de combustão é queimado, aumentando assim a temperatura de combustão, fazendo com que a emissão de NOx seja maior.

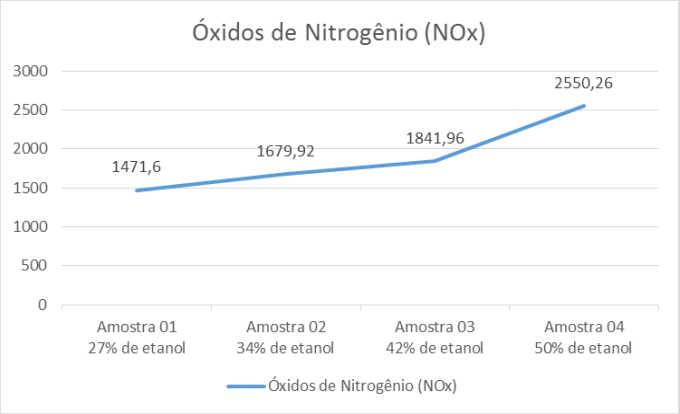


Figura 3.5 - Valores determinados de óxidos de nitrogênio para cada amostra.

A emissão de óxido de nitrogênio deve aumentar com maior quantidade de etanol misturada a gasolina, devido ao aumento da quantidade de oxigênio na mistura para oxidar as moléculas de nitrogênio, consequentemente aumentando a temperatura do motor, que também influência na emissão de NOx.

4. CONCLUSÃO

O funcionamento dos motores de combustão interna, desde a sua criação utiliza como fonte de energia combustíveis líquidos. A grande maioria utiliza a gasolina, sendo que as emissões de poluentes gerados por este combustível afetam diretamente os seres humanos e o meio onde vivem. A partir disso, o presente trabalho discutiu a emissão de gases poluentes em função da adição de etanol em quantidades maiores do que previstas na resolução. Foram determinadas quatro amostras de combustível, com adição de 27%, 34%, 42% e 50% de etanol. Desta forma, foram testadas e por fim analisadas e concluindo-se que seguiram a tendência de aumento nas emissões de óxidos de nitrogênio e para o dióxido de carbono. Para o monóxido de carbono e os hidrocarbonetos diminuíram conforme esperado. Constata-se que o motor em análise, o qual foi projetado somente para utilização gasolina, reagiu de forma positiva, mesmo aumentada a quantidade de etanol misturada ao seu combustível padrão, emitindo uma quantidade menor dos gases mais prejudiciais ao meio ambiente e ao ser humano. Ainda utilizando catalisador automotivo como acessório, essas emissões poderiam ser ainda menores devido ao seu poder catalítico.

5. REFERÊNCIAS

CIMA. Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool. **Resolução nº 1, de 04 de março de 2015,** Diário Oficial da União, 2015.

CUNICO. H. L. **Análise das emissões de gases em um Motor VW A.P. 1.8 ciclo Otto em relação às variações na porcentagem de álcool na gasolina.** Trabalho final de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – URI, Erechim/RS, 2016.

GONÇALVES, P. M. F. **Concepção de um motor de combustão interna para um veículo automóvel de extra-baixo consumo de combustível.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em ciências de engenharia mecânica) – FCTUC, Coimbra, Portugal, setembro de 2008.

HURTADO, Diego K. **A evolução do sistema de injeção de combustível em motores ciclo otto: uma análise crítica desde suas implicações no meio ambiente à regulamentação legal no sistema normativo pátrio.** *Revista eletrônica do curso de Direito – UFSM*, Santa Maria, set. 2012.

MANAVELLA, José H. **Análise de emissão no escape**, 2015. Disponível em: < http://www.hmautotron.eng.br/artigos/Gases&EmissoesPM.pdf>. Acessado em: 07 maio. 2017.

MENDES, F.E. **Avaliação de programas de controle de poluição atmosférica por veículos leves no Brasil**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências de Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE UMA MÁQUINA DESTILADORA DE *THINNER* EM SOLVENTES CONTAMINADOS

Clademir Gallina Pase[1]
Marco Antônio Sampaio Ferraz de Souza[2]
URI Erechim, RS331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000.
[1]clade_pase45@hotmail.com ; [2]marco@uricer.edu.br

Resumo. *A destilação é uma das mais importantes operações unitárias de transferência de calor e massa usada nas indústrias de petróleo e gás nas etapas de refino. Atualmente tal processo é utilizado em diversas indústrias nos ramos alimentícios, metal mecânico, moveleiro, bebidas, perfumarias e muitos outros principalmente como meio de redução nos gastos de produção. O presente trabalho buscou avaliar o processo de destilação dos resíduos gerados no processo de pintura com o objetivo de subsidiar uma forma de gerenciamento ambiental e de redução de gastos com compras de novos produtos. Este estudo foca na caracterização do aparato destilador, no seu sistema de aquisição de dados, nos processos de operação e nos detalhes internos como forma de entender um processo complexo que é a destilação. Testes com este equipamento foram feitos afim de verificar os principais parâmetros sendo eles: temperatura [T], tempo [t], viscosidade do óleo [v], limpeza do aparato experimental e a mistura do solvente contaminado que influenciam o processo. Após identificado, os mesmos foram alterados para analisar as diferenças que cada parâmetro tivesse junto ao processo. Os resultados encontrados foram analisados e comparados com os parâmetros de equipamentos existentes no mercado.*

Palavras-Chave: *Destilação, Aparato Destilador, Solventes, Processo.*

1. INTRODUÇÃO

A demanda nacional por tecnologias de reaproveitamento cresce a cada dia como resultado dos esforços feitos pelas entidades ambientais em limitar os danos causados pelo homem ao ambiente e também pelo recente fato do encolhimento da economia.

As inovações estão entre as principais vantagens competitivas, sejam elas radicais ou incrementais. As transformações ocorridas no meio ambiente afetaram significativamente a forma das empresas se posicionarem no seu mercado. Mudanças de ordem social estão fortemente associadas a mudanças tecnológicas, econômicas ou estruturais, e não se pode mais dizer que uma pequena organização está menos sujeita às oscilações ambientais do que uma grande empresa no que diz respeito às leis (MACHADO, 2012).

A produção mais limpa se torna cada vez mais necessária, não apenas pela fiscalização de órgãos ambientais e governamentais, mas também pela pressão de uma sociedade civil informada e organizada e, sobretudo, pelo marketing ambiental, fundamental para o processo de certificação e licenciamento ambiental de uma empresa (FERREIRA, 2009).

Neste contexto, esta inserido o processo de limpeza das máquinas de pintura nas indústrias, onde, normalmente, é baseado na utilização de solventes orgânicos, gerando, neste processo, um resíduo composto pelo solvente e o material por este extraído (tintas). Esses resíduos são enquadrados como resíduos Classe I, de acordo com a norma ABNT NBR-10004/2004, sendo considerados resíduos perigosos (FERREIRA, 2009).

Por isso o desenvolvimento de estudos visando à reciclagem (ou reutilização) dos resíduos representa uma alternativa capaz de contribuir para a utilização de matérias-primas alternativas, diminuindo os custos finais dos setores industriais geradores e consumidores dos resíduos, além de preservar o meio ambiente (FERREIRA, 2009). Nesse sentido, com base no volume de resíduo gerado nas linhas de pintura das industrias e nos danos ambientais provenientes de seu descarte inadequado, este estudo tem como proposta a busca de tecnologias apropriadas e mais limpas, capazes de promover a recuperação do solvente contido nesse material, promovendo seu retorno para a linha de produção, descartando assim apenas a borra de tinta, refugo deste processo.

O presente trabalho tem como foco a caracterização experimental de uma máquina recuperadora de *thinner* (solventes), com o objetivo de reduzir o tempo do processo de destilação alterando os parâmetros: temperatura [T], tempo [t], viscosidade do óleo [v], limpeza do aparato experimental e a mistura do solvente contaminado. Consequente a isto diminuir os valores gastos com compra de thinner.

2. METODOLOGIA

O aparato experimental mostrado na Fig. 2.1 consiste de um equipamento recuperador de *thinner* que foi projetado e fabricado pela empresa Intecnial S.A. situada na cidade de Erechim, estado do Rio Grande do Sul, e com a autorização da gerencia da empresa foi usado para realizar os experimentos práticos para obter as medidas dos parâmetros de interesse.

Figura 2.1 - Aparato Experimental (INTECNIAL, 2017)

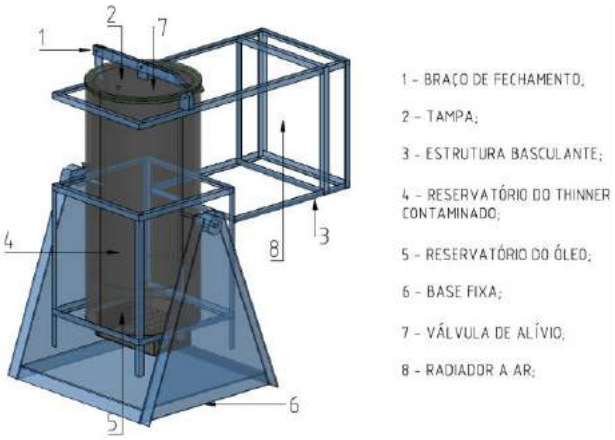


Figura 2.2 - Principais Circuitos do Aparato Experimental

O equipamento é dividido em 3 partes sendo estas: sistema de evaporação, sistema de resfriamento e estrutura. Dentre essas 3 partes pode-se citar 8 circuitos operacionais essenciais do aparato destilador. A Fig. 2.2 ilustra os seus principais circuitos.

O primeiro circuito chamado de braço de fechamento tem por objetivo o movimento de abertura da tampa para se colocar o fluido contaminado. Este braço é constituído por duas barras chatas de material inox 304L com 9,5 [mm] de espessura e 475 [mm] de comprimento soldadas a uma barra redonda de material inox 304L de 15 [mm] de diâmetro que faz o movimento de giro para abertura e fechamento da tampa.

O segundo circuito é a tampa. Tal item é fabricado com material inox 304L com 460 [mm] de diâmetro e 12[mm] espessura. O objetivo deste circuito é o fechamento e vedação entre o meio interno e o meio externo até o final do seu processo.

O terceiro circuito chamando de estrutura tem por objetivo manter o aparato no lugar de operação. O mesmo também serve para se fazer o basculamento para limpeza interna ao fim do processo. Essa estrutura é constituída por cantoneiras de Carbono A36 e dimensões de 3/16” x 1.1/2”.

O quarto circuito é o reservatório de *thinner*, ou fluido contaminado. E este circuito consiste em um tubo de chapa inox 304L com dimensões internas de 400 [mm] de diâmetro e 800 [mm] de altura, com 6,35 [mm] de espessura, envolvido em um outro tubo externo chamado de camisa externa, com dimensões de 460 [mm] de diâmetro e 963 [mm] de altura, com 6,35[mm] de espessura. Entre essas duas paredes (camisas) são colocadas um óleo especial para altas temperaturas que ao contato com as resistências elétricas transmitem o calor por forma de condução até o fluido iniciando, assim, o processo de evaporação. Este circuito é identificado na Fig. 2.3.

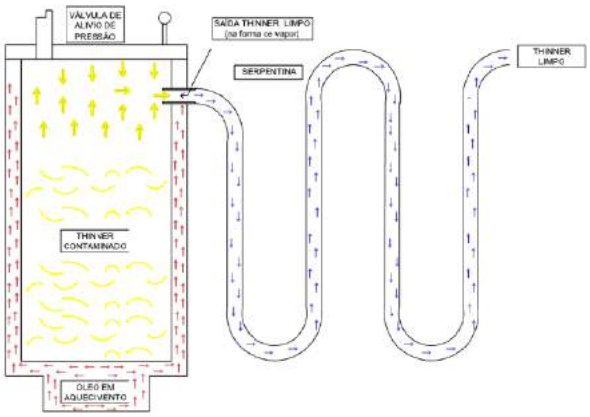


Figura 2.3 – Circuito de funcionamento do Aparato Experimental

O quinto circuito é o reservatório de óleo. Este reservatório de óleo se encontra abaixo do reservatório de *thinner*, e tem capacidade de armazenamento para 40 litros. Juntamente ao reservatório se encontra o sistema de aquecimento do aparato. E esse sistema é composto por duas resistências elétricas de 2000 W cada e ao início do ciclo aquecem o óleo que, por sua vez, através de transferência de calor (Fig. 2.4) fazem com que o fluido contaminado no interior do aparato evapore-se.

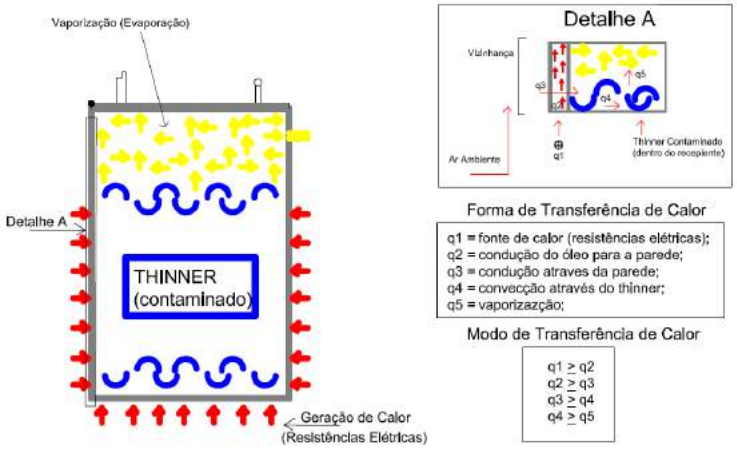


Figura 2.4 – Ilustração da Transferência de Calor do processo

A base fixa, sexto circuito, tem por objetivo apenas a estabilização do aparato durante o processo. A mesma é composta por uma chapa de aço carbono A36 de espessura 6,35 [mm] e dimensões de 800 [mm] de largura por 800 [mm] de comprimento.

O sétimo circuito é composto pela válvula de alívio de pressão. Esse sistema tem funcionamento em caráter emergencial durante o processo de destilação. O sistema não é pressurizado, pois o mesmo está aberto para a atmosfera. Ocorrerá pressão interna diferente da atmosférica somente no caso de uma obstrução no tubo de saída de vapor. Neste caso, a pressão irá subir até atingir 1 bar, que é limitado pela válvula de segurança e o manômetro de pressão. Essa válvula irá abrir e deixar o excesso da pressão sair normalizando assim o sistema. O oitavo circuito corresponde ao radiador refrigerado a ar que tem como função de resfriar o vapor de *thinner* limpo tornando o mesmo líquido novamente, porém limpo graças ao processo de destilação, para ser coletado no recipiente final.

2.1 Ciclo de Aquecimento

O aquecimento do *thinner* ocorre através do aquecimento do óleo diatérmico SHELL, que se encontra entre a camisa externa e interna do aparato destilador. Este óleo tem temperatura de projeto adotada em 176 ºC. A temperatura de trabalho é limitada em 160 ºC no controle do CLP (Controlador Lógico Programável), e sua pressão interna de projeto adotada em 1 bar.

A temperatura inicial do ciclo é igual à temperatura de leitura no CLP (Controlador Lógico Programável), que será identificada por T0 que é a temperatura ambiente do dia em que o aparato for utilizado. Após o início do ciclo, o aparato funcionará durante duas horas, onde neste período a temperatura subirá de T0 à temperatura de 120 °C identificada por T1. Neste mesmo período o *thinner* em forma de vapor, começa a sair pelo tubo lateral do tanque. Na sequência, o *thinner* passa em uma serpentina para condensar em forma líquida.

Após mais um período de uma hora e meia, a temperatura T1 que está em 120 °C passará a 140 °C identificada por T2. Após mais um período de uma hora, a temperatura T2 que está em 140 °C passará a 160 °C identificada por T3. Concluindo esse aumento da temperatura em aproximadamente quatro horas e meia, a máquina ficará ligada e funcionando durante mais uma hora na temperatura T3. Logo após o destilador desligará o aquecimento automaticamente, permanecendo somente o resfriamento (radiador) em funcionamento.

O radiador ficará ligado durante uma hora e meia até a temperatura T3 igual a 160 °C passar a 70 °C identificada por T4. Somente após atingir esta temperatura será possível a abertura da tampa. Esta temperatura adotada para T4 (70 °C) foi estipulada para evitar possíveis acidentes de trabalho, devido aos vapores quentes pertinentes ao processo de aquecimento do fluido.

2.2 Técnicas de medidas junto ao Aparato Experimental

Para realização dos testes, buscou-se não interferir no modo de operação do equipamento. Em conjunto com o operador e equipe técnica responsável foram realizadas as devidas alterações quando necessário.

3. RESULTADOS E DISCUÇÕES

Os testes foram divididos em cinco análises experimentais. Primeiramente os testes foram feitos para se ter conhecimento do processo, onde se buscou evidenciar as principais características do processo de destilação e, assim, entender as variáveis mais importantes para se obter o resultado esperado.

As variáveis encontradas que afetam diretamente o resultado do processo são: temperatura [T], tempo [t], viscosidade do óleo [v], limpeza do aparato experimental e a mistura do solvente contaminado.

Em cada um dos testes realizados, buscou-se alterar umas das características citadas acima, com o objetivo de coletar os dados e posteriormente analisar os mesmos para se obter maior eficiência do equipamento.

3.1 Teste 1 (Conhecimento do processo)

O teste 1 foi feito para se verificar as condições de operações. O ciclo de operação se inicia em temperatura ambiente e ao final do processo a temperatura chega a 65°C. Seu rendimento foi de 75%.

Para este ciclo demonstrado no teste 1, o equipamento processa um equivalente de 60 litros diários ou 300 litros de *thinner* reciclado por semana com um tempo de 6,5 horas por ciclo, o que corresponde a um valor de R$ 69.480,00 anual em redução na compra de *thinner*.

3.2 Teste 2 (Troca do óleo de aquecimento)

Para o teste 2 foi necessário realizar a troca do óleo de aquecimento do equipamento para verificar se as propriedades do óleo interfeririam nos resultados. Após a troca, foram realizados novamente os testes conforme primeira etapa. As temperaturas bem como o tempo foram afetadas por essa mudança e seu ciclo de operação chegou a 6 horas, meia hora a menos que em comparação ao primeiro teste. O rendimento do equipamento ficou em 75%.

A máquina processou os mesmos 300 litros de *thinner* reciclado por semana com um tempo inferior ao teste 1, chegando a 6 horas, o que corresponde a um valor de R$ 69.840,00 anual em redução na compra de *thinner*. Esse valor foi maior se comparado ao teste 1.

3.3 Teste 3 (Mudança no tempo [h])

Para o teste 3 foram alterados tempo em [h] para verificar se o tempo teria maior influência na eficácia de funcionamento do equipamento. Os tempos foram reduzidos em 15 minutos para cada etapa do ciclo. As potências das resistências elétricas não foram afetadas, deixando-as reguladas como em operação normal. As temperaturas foram afetadas por essa mudança e seu ciclo de operação chegou a 5,5 horas, 1 hora a menos que em comparação ao teste 1, porém seu rendimento que era de 75% diminui para 60%.

A máquina processou apenas 42,4 litros diários ou 212 litros de *thinner* reciclado por semana com um tempo inferior aos testes 1 e 2, chegando a 5,5 horas, mas devido ao seu baixo rendimento, que não passou de 60%, a redução anual correspondeu a um valor de R$ 55.368,00 na compra de *thinner*. Esse valor foi inferior se comparado aos testes 1 e 2.

3.4 Teste 4 (Mudança no tempo [h] e na temperatura [T])

Para o teste 4 foram mantidos os tempos do teste 3, porém neste teste a potência das resistências elétricas foram aumentadas em 25%. Este teste tem por objetivo verificar se a principal característica que afeta a eficácia de funcionamento da máquina é a temperatura. As temperaturas foram afetadas consideravelmente e por essa mudança o seu ciclo de operação chegou a 4,5 horas, 2 horas a menos que em comparação ao teste 1, e seu rendimento manteve-se os mesmos 75%.

O resultado obtido no teste 4 foi um ciclo de apenas 4,5 horas, a quantidade de *thinner* reciclada passou de 300 litros para 600 litros semanais ou 120 litros diários, pois com esse tempo pode-se operar a máquina duas vezes ao dia (turno) o que antes não podia devido ao seu tempo de ciclo ser de aproximadamente 6,5 horas sendo que a jornada de trabalho da empresa é de 8,48 horas. Com este volume processado a redução anual correspondeu a um valor de R$ 141.840,00 na compra de *thinner*. Esse valor foi muito superior se comparado aos 3 testes realizados.

3.5 Teste 5 (Mudança no tempo [h] e na temperatura [T]) e limpeza de todo o equipamento)

Para o teste 5 foram mantidos os tempos e as temperaturas dos testes 3 e 4, porém neste teste foi feito uma limpeza geral do equipamento. Esse teste tinha por objetivo verificar se as incrustações aderidas a parede interna do equipamento devido as tintas misturadas ao solvente, interferiam na eficácia de funcionamento. Pode-se verificar no

gráfico da Fig. 3.1 que as temperaturas foram afetadas de pequeno modo, porém as mesmas ao contrário dos outros testes, apresentaram maior taxa de aquecimento e por essa mudança o ciclo de operação encerrou em 4 horas. Mas, por motivos de segurança a tampa não pode ser aberta, adicionando-se aproximadamente 40 minutos a mais no ciclo até sua abertura, o que aumentou o ciclo de 4 horas para 4,7 horas. Este teste foi importante, pois percebeu-se que as tintas aderidas a superfície da parede do equipamento dificultam a transferência de calor do óleo até o líquido no interior do recipiente. O rendimento manteve-se em 75%.

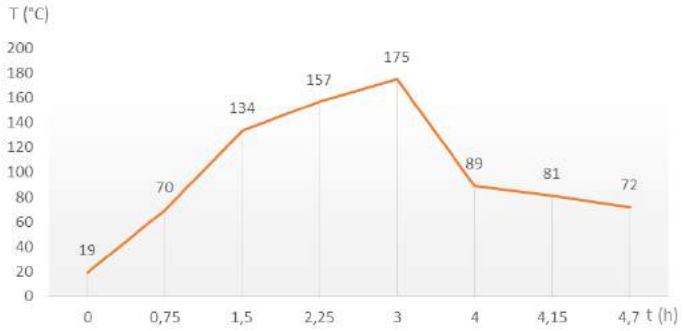


Figura 3.1 – Ciclo de funcionamento do Teste 5

Fazendo comparações ao teste 4, o resultado final foi um ciclo de 4,7 horas, 12 minutos a mais, a quantidade de *thinner* reciclada ficou em 600 litros por semana, pois com esse tempo pode-se operar a máquina duas vezes ao dia (turno) semelhante aos resultados do teste 4. Com este volume processado a redução anual correspondeu a um valor de R$ 141.120,00 na compra de *thinner* conforme Tabela 3.1. Esse valor foi menor se comparado ao teste 4, porém muito superior aos demais testes realizados.

Tabela 3.1 – Tabela para computação dos resultados do Teste 5

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	VALOR	UNIDADE
RENDIMENTO DO PROCESSO	75	%
RECICLADO POR DIA	120	Litros
QUANTIDADE DE CICLOS POR DIA	2	Ciclo
QUANTIDADE DE HORAS POR CICLO – TESTE 4	4,7	Horas
REDUÇÃO ANUAL EM R$ NA COMPRA DE *THINNER*	R$ 141.120,00	R$ / Ano

3.6 Comparação entre todos os testes

Para um melhor entendimento a Tabela 3.2 mostra as principais informações necessárias para avaliar o desempenho em cada teste.

Tabela 3.2 – Tabela geral com as principais informações

TESTE	TEMPO DO CICLO (horas)	RENDIMENTO (%)	*THINNER* RECICLADO (L)	TOTAL EM REDUÇAO (R$)	
1	6,5	75	60	R$	69.480,00
2	6	75	60	R$	69.840,00
3	5,5	60	48	R$	55.368,00
4	4,5	75	60	R$	141.840,00
5	4,7	75	60	R$	141.120,00

Pode-se observar uma diferença significativa nos testes 1 e 2 para os testes 4 e 5, onde houve a mudança da temperatura que foi concedida pelo acréscimo na potência das resistências em 25%. O melhor caso ficou para o 4° teste, onde seu ciclo de operação foi de 4,5 horas, 2 horas a menos que o teste 1 para conhecimento do seu processo de operação, sua redução anual na compra de *thinner* chegou a aproximadamente R$ 141.840,00.

Esse valor de redução caso a empresa não usasse o sistema de destilação seria destinado diretamente à compra de *thinner*, mas com a utilização do aparato tal redução pode ser aplicada em outros processos da empresa ou até mesmo, uma margem de lucro maior ao final do produto acabado. Verificou-se também que se aplicado um sistema de resfriamento com mais poder de remoção do calor ao aparato, o ciclo poderia ser ainda mais curto e a empresa poderia reduzir ainda mais a compra de *thinner* para este processo.

3.7 Teste 5 (Mudança no tempo [h] e na temperatura [T]) e limpeza de todo o equipamento)

Para validação dos resultados obtidos, buscou-se comparar os mesmos com os trabalhos disponíveis na literatura. Por não ter trabalhos com esta finalidade buscou-se no mercado de máquinas, equipamentos que desenvolvessem tal processo e após uma pesquisa obteve-se os resultados conforme Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Comparação dos valores com a literatura

DESCRIÇÃO	TEMPO DO CICLO (h)	CAPACIDADE (L)	RENDIMENTO (%)	*THINNER* RECICLADO (L)	TEMP. DE TRAB. (° C)
Teste 1	6,5	80	75	60	160
Teste 2	6	80	75	60	159
Teste 3	5,5	80	60	48	140
Teste 4	4,5	80	75	60	175
Teste 5	4,7	80	75	60	175
Empresa 1	4,6	80	85	68	185
Empresa 2	4,7	80	90	72	190

Analisando as informações pode-se verificar as altas temperaturas adotadas pelos fabricantes e também o seu rendimento que é superior aos testes realizados com o aparato.

A diferença no rendimento e na quantidade de *thinner* reciclado é significativa, tal resultado pode ter sido atingida graças a temperatura utilizada no equipamento. Devido a temperatura máxima de projeto adotada para 176°C do aparato destilador, não se pode realizar novos testes para verificação desta condição.

O tempo entre os processos está muito próximo, analisando a Tabela 3.7 podemos ver que o teste 4, tem tempo inferior aos outros, porém devido ao seu rendimento inferior não se torna o melhor caso.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho possibilitou entender o real funcionamento do aparato destilador. Verificou-se também que é um campo da área de engenharia muito amplo para ser estudado pelo fato dos diversos fenômenos presentes por traz do processo de destilação.

Por ser um equipamento de uso industrial e de comercialização privada, poucos são os trabalhos científicos voltados para a caracterização do aparato, porém verificou-se na literatura inúmeros trabalhos sobre as colunas de destilação fracionada, processo este usado hoje para a fabricação dos produtos químicos pertinentes ao petróleo. Diante disto, pode-se retirar destes trabalhos o empenho em que os engenheiros e pesquisadores vêm tendo para descobrir novos métodos para gastar menos energia durante o processo. Este empenho fez surgir tecnologias como a bomba de vácuo que é citado na literatura, porém até então usada no campo da destilação fracionada. Hoje, existem no mercado brasileiro e mundial máquinas que utilizam esse princípio, com isso, a destilação acontece com menos gastos de energia devido à pressão interna no equipamento ser maior o que acarreta em evaporações em temperaturas mais baixas.

O *pay back* para este tipo de tecnologia ainda é alto, pois seu investimento demora a se pagar, devido às colunas de destilação fracionada nas refinarias serem de grande porte, porém para o destilador industrial esse sistema é muito interessante, pois tende a diminuir ainda mais o tempo de operação.

Por fim, evidenciou-se a redução na compra de *thinner* sendo este um dos principais objetivos do presente trabalho. Este objetivo foi alcançado pelo fato de se ter verificado quais seriam os principais parâmetros que interfeririam no processo. Sendo este evidenciado no teste 4, o principal parâmetro a ser analisado foi a temperatura, a mesma tem forte ação quanto ao resultado final. Isso comprova que os estudos até então feitos para a bomba de vácuo são muito importantes, pois a quantidade de energia gerada para este processo é realmente alta e se instalado a bomba de vácuo, pressões maiores podem ser atingidas no interior dos equipamentos e com isso, menos energias devem ser feitas para o processo de destilação acontecer. Como consequência disto, o produto final poderá ser de menor valor atingindo.

5. REFERÊNCIAS

Ferreira, P. S. “Recuperação do solvente dos resíduos do processo de pintura na indústria moveleira” (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Outro Preto. Ouro Preto, MG, 2009.

Machado, D. Q. **“**Um Estudo Observacional sobre a Ação Econômica do Empreendedor Inovador”. XII SEMEAD Seminário em Administração, setembro 2012.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluido neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PROGRAMAÇÃO MAPLE DO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS PARA PÓRTICOS ESTÁTICOS 2D COM PRÉ-PROCESSAMENTO VIA MAPLETS

Clóvis Eduardo Pegoraro
Tancredo Westphal Junior
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI - Campus de Erechim. Av. Sete de Setembro, 1621, CEP 99709-910, Erechim, RS, Brasil.
clovis977@gmail.com ; tancredo@uricer.edu.br

Resumo. *Pórticos são elementos estruturais compostos pela sobreposição dos efeitos de barras e vigas, ou seja, transmitem forças axiais, forças cisalhantes e momentos fletores. A partir do Princípio dos Trabalhos Virtuais (PTV) são obtidas as formulações pelo Método dos Elementos Finitos (MEF) de um elemento de barra, um elemento de viga de Euler-Bernoulli e um elemento de pórtico. A partir das equações de elementos finitos (matrizes de rigidez e vetores de forças nodais generalizadas) são obtidos os vetores de deslocamentos nodais generalizados e forças nodais generalizadas. Mediante a plataforma Maple e utilizando Maplets foi criado o sistema Porticaple II para simulação de pórticos bidimensionais pelo MEF, desenvolvido em três módulos. O primeiro é o módulo pré-processador, denominado Porticaple II Pré, responsável pela modelagem da estrutura. O segundo é o módulo processador, denominado Porticaple II MEF, que realiza os cálculos pelo MEF da estrutura gerada anteriormente no módulo pré-processador. Finalmente, o terceiro é o módulo pós-processador, denominado Porticaple II Pós, responsável pela manipulação gráfica dos resultados de elementos finitos gerados pelo módulo processador. Os dados gerados por cada módulo são armazenados em arquivos em formato texto que são lidos pelos módulos subsequentes. Diversos problemas de vigas e pórticos foram resolvidos pelo sistema Porticaple II, e os resultados mostraram concordância absoluta com valores de referência. Um exemplo de aplicação de um pórtico com dois elementos é discutido, mostrando concordância absoluta dos valores calculados com os valores obtidos por outros autores. É concluído que o sistema Porticaple II é robusto e eficiente, resolvendo os problemas com número mínimo de elementos finitos.*

Palavras Chave: *Pórticos, Princípio dos Trabalhos Virtuais, Método dos Elementos Finitos, Maple, Maplets.*

1. INTRODUÇÃO

Na solução de problemas relativos à teoria da elasticidade e mecânica dos sólidos os métodos mais empregados possuem características numéricas. Dentre estes métodos, os principais são o Método das Diferenças Finitas (MDF), o Método dos Elementos Finitos (MEF) e o Método dos Elementos de Contorno (MEC).

Neste trabalho é considerado o MEF, conhecido por ser robusto e aplicável em domínios com grande complexidade, onde a ideia central é particionar o domínio, representando-o, ainda que de forma aproximada, por uma reunião de um número finito de elementos.

O termo Método dos Elementos Finitos foi introduzido em 1960 por R.W. Clough para definir esta classe de métodos de solução. Em 1967 O.C. Zienkiewicz publicou o primeiro livro descrevendo aplicações do método. Desde estas primeiras contribuições o MEF tornou-se indispensável para engenheiros e cientistas envolvidos com a análise e projeto de problemas estruturais práticos. Atualmente é impensável tentar desenvolver um método numérico para análise estrutural sem referir-se a estes métodos.

Atualmente existem várias ferramentas tecnológicas que são amplamente utilizadas na resolução de problemas matemáticos. Dentre os programas simbólicos disponíveis, o *Maple* possibilita alcançar altos níveis de raciocínio lógico-analítico, sendo utilizado no ensino de cálculo avançado, bem como seus pacotes simbólicos implementados no ensino de outras áreas como física, engenharia e computação.

Um dos diversos pacotes disponíveis no programa *Maple* é o LinearAlgebra, utilizado neste trabalho. O *Maple* também pode ser utilizado na implementação do MEF para resolver problemas de engenharia, possibilitando prescrever condições de contorno de modo análogo ao realizado também em programas comerciais de simulação.

O programa *Maple* possibilita desenvolver interfaces gráficas que podem ser utilizadas nas mais diversas aplicações para resolução de problemas, denominadas *Maplets*. Essas interfaces gráficas permitem combinar as bibliotecas matemáticas e rotinas computacionais em janelas interativas e caixas de diálogo.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada consiste na programação do MEF para um elemento finito de pórtico, Figura 1 e Eq.(1), sendo este a sobreposição dos efeitos atuantes nos elementos finitos de barra e viga, em um programa de Cálculo Algébrico e Simbólico (CAS), plataforma *Maple*, que combina um poderoso motor matemático com uma interface que o torna extremamente fácil para analisar, explorar, visualizar e resolver problemas matemáticos, dando origem ao programa *Porticaple II*.

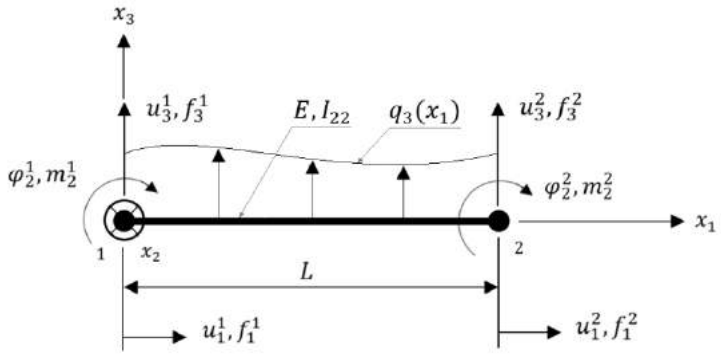


Figura 1. Elemento finito de pórtico.

$$\begin{pmatrix} f_1^1 \\ f_3^1 \\ m_2^1 \\ f_1^2 \\ f_3^2 \\ m_2^2 \end{pmatrix} = \frac{E}{L^3} \begin{bmatrix} AL^2 & 0 & 0 & -AL^2 & 0 & 0 \\ 0 & 12I_{22} & 6LI_{22} & 0 & -12I_{22} & 6LI_{22} \\ 0 & 6LI_{22} & 4L^2I_{22} & 0 & -6LI_{22} & 2L^2I_{22} \\ -AL^2 & 0 & 0 & AL^2 & 0 & 0 \\ 0 & -12I_{22} & -6LI_{22} & 0 & 12I_{22} & -6LI_{22} \\ 0 & 6LI_{22} & 2L^2I_{22} & 0 & -6LI_{22} & 4L^2I_{22} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} u_1^1 \\ u_3^1 \\ \varphi_2^1 \\ u_1^2 \\ u_3^2 \\ \varphi_2^2 \end{pmatrix} \tag{1}$$

O programa *Porticaple II* tem por função a resolução de problemas estruturais de pórticos bidimensionais utilizando o MEF, sendo composto de três módulos completamente implementados na plataforma *Maple*. O primeiro é o módulo pré-processador, *Porticaple II Pré*, responsável pela modelagem da estrutura, o segundo é o módulo processador, *Porticaple II MEF*, que realiza os cálculos pelo MEF da estrutura gerada anteriormente, e o terceiro é o módulo pós-processador, *Porticaple II Pós*, responsável pelo pós-processamento da solução com saídas gráficas e tabelas com valores de deslocamentos e tensões, módulo atualmente em estado inicial de desenvolvimento.

A plataforma *Maple* suporta os mais variados tipos de linguagens e métodos de cálculo, ficando a cargo do usuário a utilização do que melhor supre suas necessidades. Com a programação *Maple* é possível inserir dados diretamente no ambiente de trabalho, através de um arquivo externo ou de janelas denominadas *Maplets*, Figura 2, que possuem uma interface mais amistosa ao usuário, requisitando os valores necessários (MAPLESOFT, 2017).

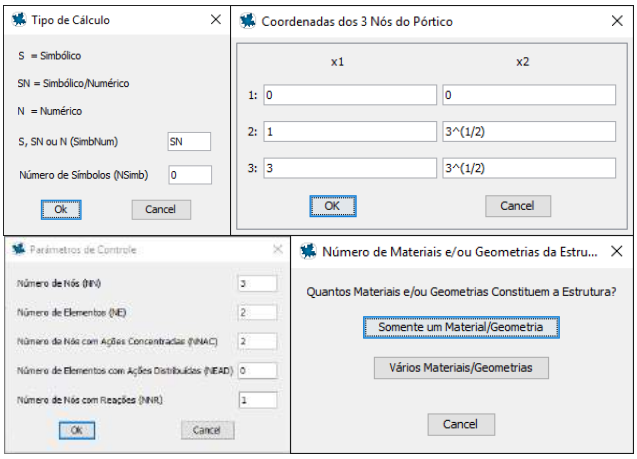


Figura 2. Exemplos de *Maplets*.

As *Maplets* têm como função auxiliar o usuário no momento de interagir com o programa, sendo tanto na visualização como na adição de dados referentes aos cálculos, tornando o programa mais amistoso para usuários leigos ou com pouca experiência na programação.

O MEF, segundo Oñate (2009), é um procedimento de solução numérica para equações que regem os problemas achados na natureza. Normalmente os mesmo podem ser expressos na forma integral ou diferencial. Por esta razão o MEF é entendido, entre os matemáticos, como uma técnica numérica para solução de equações diferenciais parciais. Geralmente, o MEF permite que os usuários obtenham a evolução no espaço e/ou tempo de uma ou mais variáveis representando o comportamento físico do sistema. Quando referenciado à análise estrutural, o MEF é um método poderoso para cálculo dos deslocamentos e tensões.

O equacionamento do MEF pode ser feito a partir do Princípio dos Trabalhos Virtuais (PTV), que segundo Oñate (2013), engloba o princípio dos deslocamentos virtuais e o princípio das forças virtuais. O PTV estabelece que: "*quando um corpo está em equilíbrio, então, para quaisquer deslocamentos virtuais compatíveis atuando sobre ele, que satisfazem as condições de contorno de deslocamento, a energia de deformação virtual é igual ao trabalho virtual das forças externas*".

3. RESULTADOS

Com a finalidade de validar os resultados obtidos pelo programa *Porticaple II* foi considerado um exemplo apresentado por Moharos *et al*. (2012), com F = 200 N, mostrado na Figura 3. O módulo pré-processador cria dois arquivos de saída, o primeiro contendo a malha da estrutura (MoharosTFC_PRE.txt) e o segundo contendo as propriedades materiais e geométricas (MoharosTFC_MeG.txt), ver Figura 4.

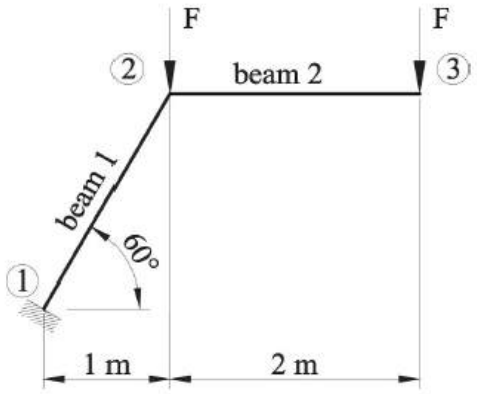
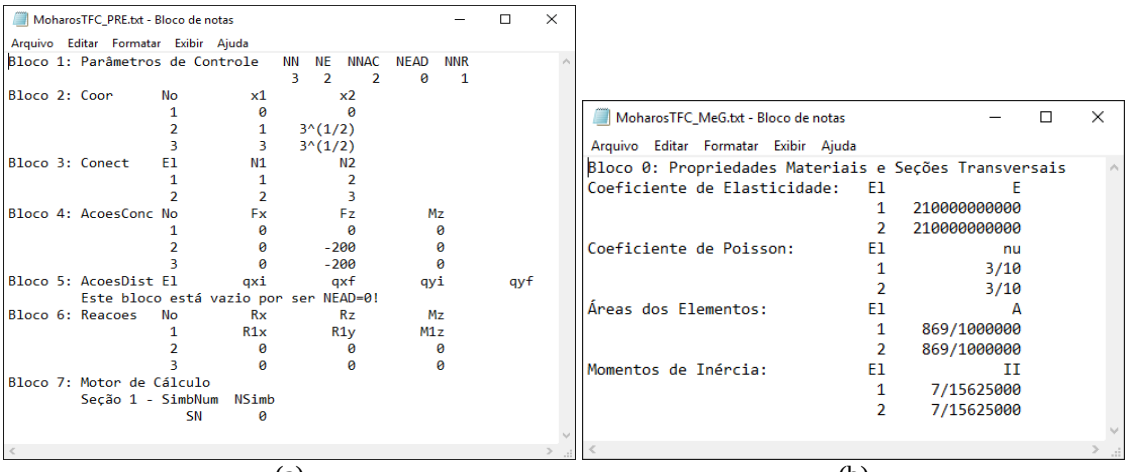


Figura 3. Exemplo de estrutura com barras bidimensionais (MOHAROS et al., 2012, p. 78).



MoharosTFC_PRE.txt - Bloco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

```
Bloco 1: Parâmetros de Controle   NN  NE  NNAC  NEAD  NNR
                                   3   2     2     0    1
Bloco 2: Coor       No         x1         x2
                     1          0          0
                     2          1    3^(1/2)
                     3          3    3^(1/2)
Bloco 3: Conect     El         N1         N2
                     1          1          2
                     2          2          3
Bloco 4: AcoesConc No         Fx         Fz         Mz
                     1          0          0          0
                     2          0       -200          0
                     3          0       -200          0
Bloco 5: AcoesDist El        qxi        qxf        qyi        qyf
         Este bloco está vazio por ser NEAD=0!
Bloco 6: Reacoes    No         Rx         Rz         Mz
                     1        R1x        R1y        M1z
                     2          0          0          0
                     3          0          0          0
Bloco 7: Motor de Cálculo
         Seção 1 - SimbNum  NSimb
                     SN       0
```

MoharosTFC_MeG.txt - Bloco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

```
Bloco 0: Propriedades Materiais e Seções Transversais
Coeficiente de Elasticidade:   El              E
                                1   210000000000
                                2   210000000000
Coeficiente de Poisson:        El             nu
                                1           3/10
                                2           3/10
Áreas dos Elementos:           El              A
                                1    869/1000000
                                2    869/1000000
Momentos de Inércia:           El             II
                                1     7/15625000
                                2     7/15625000
```

(a) (b)

Figura 4. Arquivos de entrada do módulo processador para o problema da Figura 1, sendo (a) o arquivo da modelagem da estrutura e (b) o arquivo com as propriedades materiais e seções transversais.

Após inserir os dados apresentados por Moharos *et al*. (2012) no módulo pré-processador, o gráfico da estrutura modelada foi gerado, ver Figura 5.

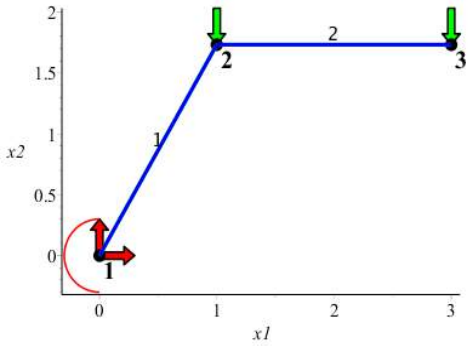


Figura 5. Gráfico do pórtico obtido no programa *Porticaple II* (dimensões em m).

Uma vez verificadas as informações inseridas, pode-se passar diretamente para os o processamento do módulo processador. A Figura 6(a) mostra os resultados obtidos por Moharos *et al*. (2012), enquanto os resultados obtidos pelo *Porticaple II* podem ser visualizados na Figura 6(b).

$$U = \begin{bmatrix} u_2 \\ v_2 \\ \varphi_2 \\ u_3 \\ v_3 \\ \varphi_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}01227 \\ -0{,}00709 \\ -0{,}01276 \\ 0{,}01227 \\ -0{,}03827 \\ -0{,}01701 \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{m} \\ \text{m} \\ \text{rad} \\ \text{m} \\ \text{m} \\ \text{rad} \end{matrix}$$

$$F_{Rx} = k^1_{14} \cdot u_2 + k^1_{15} \cdot v_2 + k^1_{16} \cdot \varphi_2 = 0\,\text{N}$$

$$F_{Ry} = k^1_{24} \cdot u_2 + k^1_{25} \cdot v_2 + k^1_{26} \cdot \varphi_2 = 400\,\text{N}$$

$$M_R = k^1_{34} \cdot u_2 + k^1_{35} \cdot v_2 + k^1_{36} \cdot \varphi_2 = 800\,\text{Nm}$$

(a)

$$\begin{bmatrix} 0. \\ 0. \\ 0. \\ 0.01227170442 \\ -0.007089455652 \\ -0.01275510204 \\ 0.01227170442 \\ -0.03826859397 \\ -0.01700680272 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0. \\ 400. \\ 800. \\ 0. \\ -200. \\ 0. \\ 0. \\ -200. \\ 0. \end{bmatrix}$$

(b)

Figura 6. Resultados (a) do exemplo apresentado por Moharos *et al*. (2012) e (b) dos deslocamentos nodais e forças nodais calculados pelo programa *Porticaple II*.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos por Moharos *et al*. (2012) e pelo *Porticaple II*, mostrando que os resultados são praticamente idênticos, sendo mostrado uma casa decimal a mais do que a apresentada pela bibliografia.

Tabela 1. Comparação dos resultados nodais de deslocamentos e forças generalizados entre Moharos *et al*. (2012) e o programa *Porticaple II*.

	Ação	Moharos *et al.* (2012)	*Porticaple II*
Nó 1	Deslocamento em x_1	0	0
	Deslocamento em x_2	0	0
	Rotação em x_3	0	0
	Força em x_1	0	0
	Força em x_2	400	400
	Momento em x_3	800	800
Nó 2	Deslocamento em x_1	0,01227	**0,01227**1
	Deslocamento em x_2	-0,00709	**-0,00708**9
	Rotação em x_3	-0,01276	**-0,01275**5
	Força em x_1	0	0
	Força em x_2	-200	-200
	Momento em x_3	0	0
Nó 3	Deslocamento em x_1	0,01227	**0,01227**1
	Deslocamento em x_2	-0,03827	**-0,03826**8
	Rotação em x_3	-0,01701	**-0,01700**6
	Força em x_1	0	0
	Força em x_2	-200	-200
	Momento em x_3	0	0

4. CONCLUSÕES

Em relação ao programa *Maple*, o mesmo disponibiliza de todas as ferramentas e bibliotecas necessárias para a implementação computacional do MEF para pórticos estáticos 2D. O estudo realizado mostrou como são processadas cada etapa do programa e o que foi resolvido em cada uma delas, desde a discretização do elemento finito, aquisição dos dados, montagem das matrizes e verificação da solução. Quando comparados os resultados obtidos pelo *Porticaple II* e a bibliografia estudada, o MEF juntamente com a programação *Maple* se mostraram ferramentas eficazes na solução de problemas de pórticos estáticos 2D.

Toda a fundamentação do MEF está programada, o programa pode ser usado como base para programar estruturas com cargas dinâmicas, elementos gráficos das deformações das estruturas analisadas, com respectivos diagramas, e consideração de pórticos tridimensionais.

5. REFERÊNCIAS

MAPLESOFT. Help. “Maplesoft”. 2016. Home page <http://www.maplesoft.com/support/help> Acesso em: 18 jun. 2017.

MOHAROS, I.; OLDAL, I.; SZEKRÉNYES, A. “Finite Element Methode. Budapeste: Typotex Publishing House, 2012.

OÑATE, E. “Structural analysis with the finite element method. Linear statics. Volume 1. Basis and solids”. Springer, 2009.

OÑATE, E. “Structural analysis with the finite element method. Linear statics. Volume 2. Beams, plates and shells”. Springer, 2013.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DOS PARÂMETROS DO PROCESSO FSW PARA JUNTAS DE TOPO EM CHAPAS DE ALUMÍNIO AA 5083 UTILIZANDO BRAÇO ROBÓTICO

Diego Dobrowolski[1]
Arthur Bortolin Beskow[2]
URI Erechim, RS 331, Nº 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000.
[1]diegodobrowolski@hotmail.com; [2]arthur@uricer.edu.br

Resumo. *A indústria busca cada vez mais a melhora na qualidade final e performance de seus produtos, assim como a diminuição dos custos de produção e o maior número de produtos prontos em menor tempo. Com isso o processo robotizado e a utilização de ligas de alumínio vêm em encontro a essas exigências. Como nos processos de soldagens tradicionais é difícil realizar a uniões de juntas de alumínio que atendam aos requisitos de alta resistência à fadiga e à fratura, pesquisas por novas tecnologias de processos de soldagem vem se intensificando. O processo de soldagem por fricção e mistura mecânica, conhecido como Friction Stir Welding (FSW), tem ganhado um grande espaço na indústria e também nas pesquisas. O presente trabalho teve como objetivo testar um novo dispositivo e desenvolver parâmetros do processo FSW para braço robótico articulado em ligas de alumínio AA 5083, atingindo a maior velocidade de soldagem que garanta soldas com qualidade em um processo versátil e eficiente, além da verificação das propriedades mecânicas das soldas produzidas. Para a obtenção dos resultados foram realizados processos FSW com variação dos parâmetros em juntas de topo. Os ensaios R20 e R21 obtiveram êxito, após a realização de ensaios que mostraram a qualidade da solda nos testes mecânicos e macroscópicos. A qualificação do processo teve como parâmetros a rotação da ferramenta em 1900 rpm, avanço de 40 mm/min e ângulo de inclinação de 3°. O dispositivo testado mostrou total capacidade de efetuar soldas de excelente qualidade sem restrições na movimentação tridimensional do braço robótico. Em paralelo aos experimentos foi realizado a confecção de um acoplamento universal para o punho do braço robótico e a alteração do suporte do dispositivo utilizado para o processo FSW.*

Palavras chave: *FSW; soldagem de alumínio; dispositivo robotizado; parâmetros de soldagem; liga AA 5083.*

1. INTRODUÇÃO

O processo de Soldagem por Fricção e Mistura Mecânica (do inglês *Friction Stir Welding* - FSW) é uma técnica de soldagem relativamente nova e promissora que ocorre no estado sólido e foi desenvolvida pelo The Welding Institute (TWI) da Inglaterra em 1991, por Wayne Thomas (THOMAS *et al*., 1991).

A execução de soldagens em três dimensões ampliou consideravelmente a área de aplicação desta técnica, devido à praticidade de movimento dos braços robóticos e à capacidade de executarem soldas de boa qualidade e custo aceitável. É pertinente a aplicação de sensores que realizem o monitoramento da força aplicada na soldagem, posição e até mesmo da temperatura durante o processo. Os fatores resultantes desse monitoramento são de fato essenciais para a boa qualidade da junta soldada (BACKER e VERHEYDEN, 2009).

O presente trabalho propôs testar as melhorias do dispositivo acoplado no braço robótico, que foi desenvolvido por Tormen (2016), a fim de corrigir os movimentos laterais recorrentes da complacência devido às forças de soldagem. Desenvolver também melhorias no suporte de fixação do dispositivo, além de otimizar os parâmetros de soldagem FSW para braço robótico articulado com seis eixos em ligas de alumínio AA 5083, avaliando a qualidade mecânica da junta soldada e mostrando a versatilidade e eficiência do processo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Material e Equipamentos

Neste trabalho foi utilizada a liga AA 5083, disposta em chapas laminadas a frio com elemento de liga principal sendo o magnésio e secundário o manganês.

As chapas utilizadas no experimento têm 3 mm de espessura, largura de aproximadamente 98 mm e comprimento de 300 mm.

O braço robótico utilizado nas soldagens é do fabricante Panasonic do Japão e importado pela PowerMig do Brasil, modelo YS165G3. Esse equipamento possui 6 eixos com capacidade de 160 *kg*, medido na posição mais crítica e envergadura total de 2,66 m, sua velocidade de operação pode ser limitada, variando de 0 a 150 *m/min*.

Como o principal objetivo do braço robótico é a produção de soldas tridimensionais, Tormen (2016) desenvolveu um dispositivo para efetuar o processo FSW, que dispõe de peças usinadas, correias, polias, rolamentos e o servo motor e foi projetado visando o menor número de peças possível, evitando assim a propagação de erros na hora da montagem do mesmo.

A ferramenta utilizada tem um pino cônico roscado com a ponta de 2 mm e base de 3 mm de diâmetro, ombro de 15 mm de diâmetro contendo uma estria concêntrica. A Fig. 1 (a) mostra o dispositivo utilizado e (b) mostra a ferramenta utilizada.

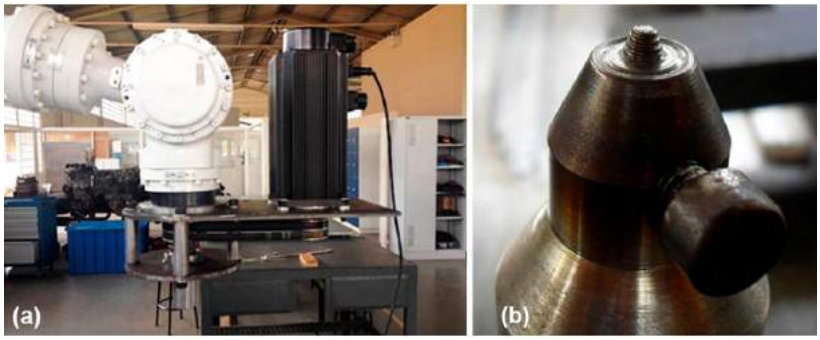


Figura 1: (a) dispositivo utilizado (b) mostra a ferramenta utilizada.

2.1 Ensaios mecânicos e macrográficos

Cada corpo de prova foi extraído do experimento soldado por FSW e tem como objetivo investigar as propriedades mecânicas ao longo de todo o comprimento da junta soldada. Os ensaios que foram realizados são de metalografia, tração e dobramento.

A metalografia procura relacionar a estrutura íntima do material com as suas propriedades físicas, com o processo de fabricação, com o desempenho de suas funções e outros.

Para o teste macroscópico a amostra deve ser preparada de acordo com a norma ISO 17639 (2003), que recomenda que pelo menos um lado deve ser preparado para revelar a região de soldagem.

O exame macroscópico deve ser realizado apenas na região do material afetada pelo processo e esta região não deve apresentar ranhuras antes do ataque químico para evitar falsas impressões visuais, solicitações estas segundo a norma ISO 25239 (2011), seção 6.3.3.5.

Para o ensaio de tração as peças são preparadas conforme as dimensões padronizadas de acordo com a norma ABNT NBR 7549:2008.

Os ensaios de tração uniaxial têm como propósito fazer um comparativo da resistência mecânica do metal base com relação às amostras que foram submetidas a soldagem pelo processo FSW.

O ensaio de dobramento consiste em submeter um corpo de prova a uma deformação plástica por flexão. É baseado em um ensaio qualitativo simples e barato que pode ser usado para avaliar a ductilidade de um material e frequentemente usado para controle de qualidade de juntas com solda de topo. Para a investigação da integridade da junta soldada foi utilizado o ensaio de dobramento, seguindo a norma ISO 25239:2011 juntamente com a ISO 5173:2009 que regulamenta esses ensaios para que qualquer processo FSW possa ser qualificado.

Na Fig 2 (a) tem-se as disposições de como é seccionada a chapa soldada para a retirada dos corpos de prova, (b) mostra a máquina de ensaios universais SHIMADZU e a posição do extensômetro no corpo de prova e para as chapas utilizadas obteve-se um cutelo de 19 *mm* de diâmetro apenas modificando as configurações das garras para cutelo e apoio, como pode ser visto na Fig. 2 (c) e (d).

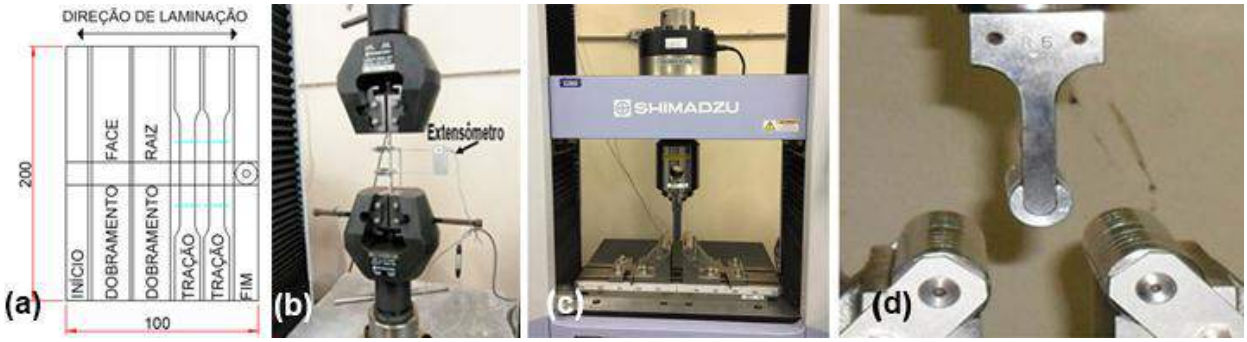


Figura 2: (a) disposições do seccionamento da chapa soldada (b) máquina de ensaios universais SHIMADZU e a posição do extensômetro no corpo de prova e para as chapas utilizadas obteve-se um cutelo de 19 *mm* de diâmetro apenas modificando as configurações das garras para cutelo e apoio, como pode ser visto em (c) e (d).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Experimento R17

No experimento inicial, denominado R17, foi produzida uma solda em junta de topo em chapas de alumínio da liga AA 5083 com espessura de 3 *mm*, a ferramenta foi inclinada em um ângulo de 3º, com sentido horário de rotação a 1900 *rpm*, 40 segundos para o pré-aquecimento das chapas antes de iniciar a soldagem, velocidade de avanço em 30 *mm/min*, com a profundidade de penetração configurada em 4 *mm*, ou seja, 1 *mm* abaixo da espessura da chapa para compensar a complacência do braço robótico e garantir força vertical de soldagem.

Com o experimento foi detectado que os parâmetros de soldagens não foram os mais adequados, ocorrendo pouca penetração e que causou oscilações da ferramenta na interface das chapas durante o percurso da soldagem, resultando em uma união irregular. Em virtude desta situação o experimento foi interrompido e a amostra foi descartada. A Fig. 3 (a) mostra o posicionamento do equipamento para iniciar o processo de soldagem e em (b) pode-se ver o resultado da soldagem.

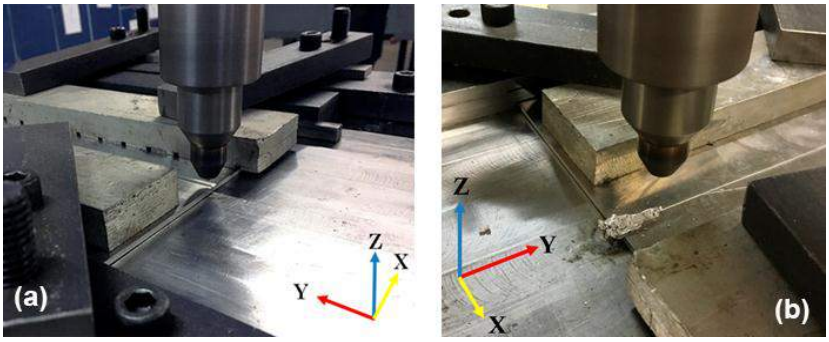


Figura 3: (a) posicionamento do equipamento para iniciar o processo de soldagem (b) resultado da soldagem.

3.2 Experimento R18

Para o experimento R18 foi modificado o tempo de pré-aquecimento aumentando para 60 segundos e a penetração da ferramenta foi configurada em 5 *mm*, 2 *mm* abaixo da espessura da chapa, aumentando a força vertical de soldagem. Os demais parâmetros foram mantidos do experimento R17. Alterando o tempo de pré-aquecimento os resultados permaneceram praticamente os mesmos, pouca penetração e grandes oscilações da ferramenta. O experimento foi descartado. Na Fig. 4 é mostrada uma fotografia da solda, cujo resultado foi insatisfatório.

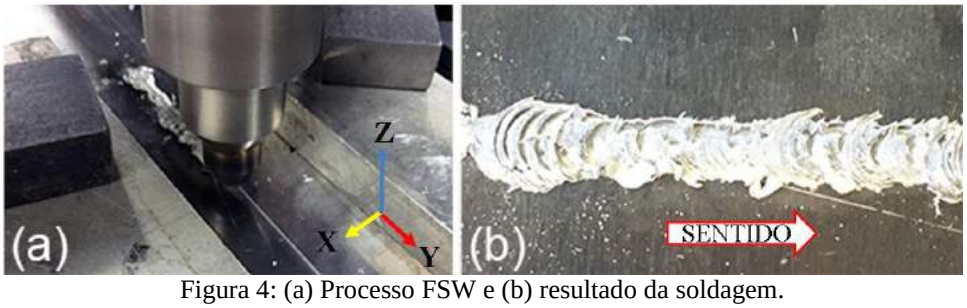


Figura 4: (a) Processo FSW e (b) resultado da soldagem.

3.3 Experimento R19

No experimento R19 foram utilizados os parâmetros de soldagem do experimento R18, com alteração da configuração da profundidade de penetração da ferramenta para 6 *mm*, 3 *mm* abaixo da espessura da chapa. O experimento R19 foi completado com êxito, porém observou-se a formação de vazios internos. Segundo KIM *et al.*, (2006), para evitar esses vazios é necessário ajustar um valor correto para a penetração do ombro da ferramenta, que atua na força vertical de soldagem, além da seleção ideal dos parâmetros como velocidade de rotação e velocidade de avanço, que garantem um fluxo normal do material.

Também se observou que não houve oscilações durante a soldagem, mostrando que o dispositivo alcançou o objetivo de ter uma liberdade tridimensional. A Fig. 5 mostra o resultado do experimento.

Figura 5: Soldagem com vazios internos apontados na imagem.

3.4 Experimento R20

Como o experimento R19 mostrou a existência de vazios no núcleo da solda, foi aumentada a força vertical de soldagem reprogramando a profundidade de penetração do ombro para 7 *mm*, 4 *mm* abaixo da espessura da chapa. Neste processo de soldagem os demais parâmetros foram mantidos do experimento R19, 1900 *rpm*, 3° de inclinação da ferramenta e 30 *mm/min*.

O cordão de solda realizado no experimento R20 foi de 100 *mm*. O aspecto apresentado pela solda é liso e constante, sem excessos de rebarbas e oscilações devidas à complacência do braço robótico.

As macrografias mostraram que o núcleo da solda apresentou aspecto íntegro e livre de defeitos.

Para o ensaio de tração uniaxial foram separados os corpos de provas CP3 e CP4. Para isto eles foram usinados no formato do corpo de prova padrão para ensaio de tração em chapas. Ambos os corpos de prova apresentaram tensão abaixo do material base, CP3 100,2 *MPa* e CP4 101,5 *MPa*, e o rompimento ocorreu fora da região soldada. O experimento foi aprovado.

Com os experimentos aprovados no ensaio de tração, estes foram submetidos ao ensaio de dobramento de face e raiz. Para o dobramento de face foi utilizado o CP1 e para o dobramento de raiz o CP2.

Os testes de dobramento são normatizados pela ISO 25239: 2011, que diz que para os testes de dobramento não pode haver nenhuma trinca maior que 3 mm em qualquer direção, e o ângulo de dobramento das chapas não deve ser menor que 150º.

O equipamento utilizado possui um cutelo que não permite que os corpos de prova sejam submetidos a mais que 144°. Portanto como não houve aparecimento de trincas no dobramento até 144°, o mesmo não ocorrerá até 150°, concluiu Tormen (2016). A Fig. 6 (a) mostra o experimento R20 soldado, (b) o ensaio de macrografia, (c) ensaio de tração, (d) ensaio de dobramento face e (e) ensaio de dobramento raiz.

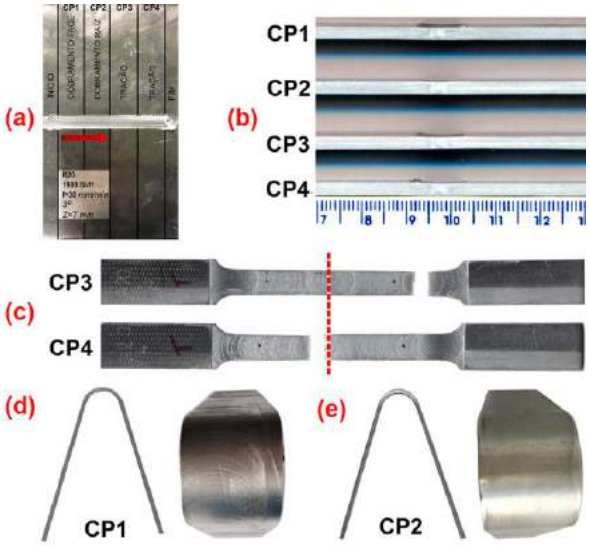


Figura 6: (a) Experimento R20 soldado, (b) ensaio de macrografia, (c) ensaios de tração, (d) ensaio de dobramento face e (e) ensaio de dobramento raiz.

3.5 Experimento R21

O experimento R20 obteve aprovação da solda, objetivando o aspecto de eficiência e produtividade, alterou-se o avanço para o experimento R21, reprogramando a velocidade de soldagem para 40 *mm/min*. Os demais parâmetros de soldagem se mantiveram inalterados do experimento anterior, 100 *mm* de cordão de solda, 1900 *rpm*, 3° de inclinação da ferramenta e profundidade de penetração de 7 *mm*.

As macrografias mostram que experimento R21 obteve uma boa qualidade da solda, o núcleo ocupou quase toda a seção transversal da chapa, não apresentando vazios internos ou descontinuidade de fluxo de material.

Para o ensaio de tração foram separados os corpos de provas CP3 e CP4. Neste ensaio os valores atingidos ficaram próximos ao metal base, CP3 115,5 *MPa* e CP4 112,3 *MPa*, e o rompimento ocorreu longe da região soldada. Esse ensaio mostra com clareza que a seleção de parâmetros é fundamental para a excelência do processo FSW.

Com os experimentos aprovados no ensaio de tração, estes foram submetidos ao ensaio de dobramento de face e raiz. Para o dobramento de face foi utilizado o CP1 e para o dobramento de raiz o CP2.

Em ambos os ensaios não foi atingido o ângulo de 150° devido a limitações da máquina. Os ensaios de dobramento de face e raiz foram aprovados, não houve formação de trincas, fissuras ou rupturas na solda. Na Fig. 7 (a) mostra o experimento R21 soldado, (b) o ensaio de macrografia, (c) ensaio de tração, (d) ensaio de dobramento face e (e) ensaio de dobramento raiz.

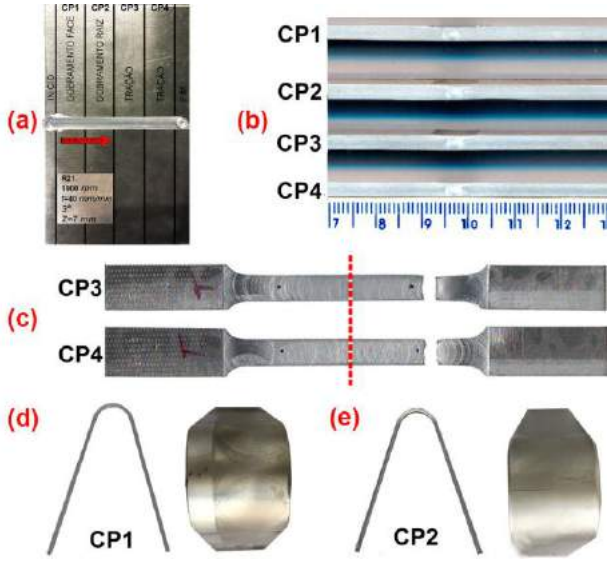


Figura 7: (a) Experimento R20 soldado, (b) ensaio de macrografia, (c) ensaios de tração, (d) ensaio de dobramento face e (e) ensaio de dobramento raiz.

3.6 Análise e Melhoria do Dispositivo

O dispositivo testado foi desenvolvido por Tormen (2016), e visa corrigir as restrições de movimentação tridimensional e, nesse aspecto, o equipamento foi totalmente satisfatório.

Um problema que foi constatado é a dificuldade de remoção do dispositivo, que para sua retirada é necessário a desmontagem por completo.

Para que seja facilitada essa intercambiabilidade de dispositivos, foi feito uma alteração no suporte do dispositivo e no sistema de acoplamento fixado no braço robótico. O acoplamento desenvolvido para o braço possui um sistema de fixação universal, onde o mesmo fica fixo e os demais equipamentos acoplam diretamente nele, tornando-se um sistema prático e muito eficiente. A Fig. 7 (a) mostra a fotografia do dispositivo desmontado após a retirada, (b) mostra o novo suporte universal instalado no dispositivo e (c) processo FSW sendo executado.

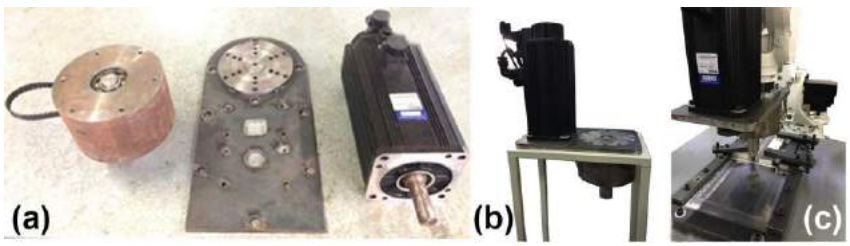


Figura 7: (a) Dispositivo desmontado após a retirada e (b) novo suporte universal instalado no dispositivo e (b) processo FSW sendo executado.

4. CONCLUSÕES

O estudo realizado obteve êxito na soldagem efetuada pelo processo FSW utilizando o novo dispositivo acoplado ao braço robótico. O dispositivo apresentou capacidade de soldar chapas de alumínio, liga AA 5083 de 3 *mm* de espessura, sem utilização de guias, mantendo homogeneidade tanto na ausência de defeitos como nas propriedades mecânicas ao longo de toda a junta soldada.

Os dois últimos experimentos realizados neste trabalho apresentaram uma excelente qualidade, comprovadas através de ensaios macrográficos e mecânicos. Com esses ensaios se obteve a aprovação das soldas nos padrões de qualificação de soldagem.

A solda íntegra sem defeitos foi obtida com os parâmetros do experimento R21. Para esse experimento foi utilizado a rotação de 1900 *rpm*, avanço de 40 *mm/min*, ângulo de inclinação de 3°, tempo de pré-aquecimento de 60 segundos e profundidade de penetração do ombro configurada em 7 *mm*, 4 *mm* abaixo da superfície da chapa, compensando a complacência do braço robótico e garantido a força vertical de soldagem.

Esse trabalho contemplou também o desenvolvimento do acoplamento universal para o punho do braço robótico, que mostrou-se eficiente e de fácil intercambiabilidade de ferramentas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 7549. A**lumínios e suas ligas – Produtos laminados, extrudados e fundidos – Ensaio de tração.** Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2008.

BACKER. J. e VERHEYDEN, B. **Robotic friction stir welding for automotive and aviation applications.** 2009. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Department of Engineering Science, University West, Trollhättan, 2014.

ISO 5173:2009 +A1:2011. **Destructive tests on welds in metallic materials - Bend tests.** Amendment, November 2011. Amends and replaces BS EN ISO 5173:2010.

ISO 17639:2003. **Destructive tests on welds in metallic materials –** Macroscopic and microscopic examination of welds.

ISO 25239-3:2011. **Friction stir welding –** Aluminium – Part: 3 Qualification of welding operators. International Standard. Suisse, Geneva, 2011.

KIM, Y.G.; FUJII, H.; TSUMURA, T.; KOMAZAKI, T.; NATAKA, K. **Three defect. Typein friction stir welding of aluminum die casting alloy.** Material Science and Engineer. Japão, vol. 412, p. 250-254, 2006.

THOMAS, W.M., NICHOLAS, E.D., NEEDHAM, J.C., MURCH, M.G., TEMPLE-SMITH, P., AND DAWES, C.J. (1991). **International patent application pct/ gb92/02203 and gb patent application.** Technical report, The Welding Institute, London, UK.

TORMEN, S. **Desenvolvimento de um dispositivo de soldagem FSW para braços robóticos e qualificação dos parâmetros de soldagem para juntas de topo em chapas de alumínio da liga AA 5083.** 2016. Trabalho de Final de Curso para obtenção do título de Engenheiro Mecânico, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação da URI. Erechim, 2016.

6. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

PROGRAMAÇÃO DO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS EM LINGUAGEM MAPLE PARA PROBLEMAS DA ELASTICIDADE BIDIMENSIONAL

Aluno: Fabiano Rodrigo Pertussati
Orientador: Prof. Dr. Tancredo Westphal Junior
URI Erechim, RS 331, Nº 345. Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000.
fabianopertussati@live.com
tancredo@uricer.edu.br

Resumo. *Este trabalho consiste em um estudo fundamentado e aplicado na teoria da elasticidade bidimensional (2D) com foco no Método dos Elementos Finitos (MEF) para solução numérica de problemas da engenharia através da análise de tensões e deformações em chapas. O MEF foi implementado na plataforma Maple. É apresentado um contexto histórico do desenvolvimento do MEF, assim como a formulação matemática das equações que modelam o elemento finito Constant Strain Triangle (CST) pelo Princípio dos Trabalhos Virtuais (PTV). São equacionados os campos de tensões e deformações do plano 2D e a inter-relação entre eles (lei de Hooke). O estudo da elasticidade é de fundamental importância para se entender e predizer o comportamento do material durante sua utilização. O resultado final é o programa Elasticaple2D, uma ferramenta computacional com a função de analisar tensões e deformações. Foi analisado o problema de uma viga, e os resultados obtidos foram comparados com soluções de elementos finitos disponíveis na literatura. Estes resultados estão totalmente de acordo com a literatura, validando assim o programa desenvolvido.*

Palavra-chave: *teoria da elasticidade bidimensional, Método dos Elementos Finitos, plataforma Maple, Constant Strain Triangle, Princípio dos Trabalhos Virtuais.*

1. INTRODUÇÃO

O Método dos Elementos Finitos (MEF), segundo Oñate (2009), é um procedimento de solução numérica para equações que regem os problemas achados na natureza. O MEF é entendido, entre os matemáticos, como uma técnica numérica para solução parcial de equações diferencias e integrais.

As abordagens analíticas convencionais para a solução de problemas de elasticidade bidimensional baseiam-se na determinação das equações necessárias que regem o comportamento da estrutura, levando em conta o equilíbrio e a compatibilidade dentro da estrutura como nos métodos desenvolvidos na teoria da elasticidade (BORESI e CHONG, 2000). O MEF foi desenvolvido para simplificar de maneira geral problemas muito grandes, difíceis e até impossíveis de serem resolvidos de forma analítica. O elemento finito Triângulo de Deformações Constantes (Constant Strain Triangle - CST) foi o primeiro elemento finito a ser desenvolvido e programado. Devido à revolução que o elemento CST desencadeou, foi iniciado o desenvolvimento tecnológico para que sua utilização fosse viável. O resultado prático disto foram tecnologias para obter computadores de alta capacidade de cálculos para resolver problemas de simulação por elementos finitos (CLOUGH e WILSON, 1999).

Uma categoria importante na análise pelo MEF são os problemas de elasticidade do plano bidimensional (2D). Estes problemas são caracterizados pelas seguintes premissas (FELIPPA, 2016):

- Duas das dimensões devem ser bem maiores que a terceira;
- A estrutura é plana;
- As cargas atuam paralelamente ao plano;
- Estas estruturas são descritas pelo plano médio. Devido ao tipo especial de carga, o comportamento tridimensional geral de um continuum pode ser reduzido a duas dimensões pela suposição de tensões ou tensões distribuídas constantes ao longo de toda a espessura.

Neste tipo de análise é comum o termo inglês *plate* (em português: placa), porém este apenas reflete o tipo da geometria da estrutura. Os termos comumente utilizados para estas análises no plano 2D são os seguintes:

- Chapa;
- Placa carregada no plano;
- Estrutura de membrana;

- Estrutura de tensão / deformação plana.

Logan (2012) cita alguns pontos extremamente importantes sobre o elemento estudado neste trabalho:

- Análise de estado plano de tensões (EPT), definida como o estado de tensões em que as tensões normais ao plano e as tensões cisalhantes transversais são assumidas como zero. Isto inclui problemas como chapas com furos, filetes ou outras mudanças na geometria que resultam em concentrações de tensão;
- Análise de estado plano de deformações (EPD), definida como o estado de deformações em que as deformações normais ao plano e as deformações cisalhantes transversais são assumidas como zero. Isto inclui problemas práticos como as tubulações de esgoto subterrâneas submetidas a uma carga uniforme que atua constantemente ao longo do seu comprimento, ou uma barragem submetida à carga hidrostática horizontal ao longo do seu comprimento (TIMOSHENKO E GOODIER, 1980).

Portanto, devido à importância da análise elástica aplicada juntamente ao MEF fica claro que o desenvolvimento de novas ferramentas para análise elástica deve ser promovido, tanto para obter novos resultados quanto para a disseminação do seu uso, assim desenvolvendo e oportunizando todas as empresas a utilizarem o método.

Este trabalho visa programar o MEF (COOK et al. 2002) para problemas da elasticidade 2D, tanto para problemas de EPT como EPD (TIMOSHENKO e GOODIER, 1980). É usada a linguagem de programação Maple, que tem se revelado uma ótima ferramenta para este propósito (APPELT, 2016).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento do programa de elementos finitos é necessária uma abordagem fundamentada no MEF e foi utilizado o elemento triangular de três nós formulado através do Princípio dos Trabalhos Virtuais.

Neste capitulo é abordado os fundamentos e princípios para o desenvolvimento do programa Elasticaple2D.

2.1 Principio dos Trabalhos Virtuais

O Princípio dos Trabalhos Virtuais (PTV) é dada por quatro etapas:

1. Aproximação do campo de deslocamentos;
2. Campo de deformações (EPD);
3. Campo de tensões (EPT);
4. PTV.

Sendo que a etapa 1 é mandatória e as demais são apenas consequência da primeira, na aplicação do PTV se objetiva obter como resultado:

$$Ku=f\,. \tag{1}$$

A etapa 1 pode ser definida pela aproximação dos campos de deslocamentos obtidos através das derivadas dos deslocamentos

$$\begin{pmatrix} u_1(\boldsymbol{x}) \\ u_2(\boldsymbol{x}) \end{pmatrix} \coloneqq \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x_1 & x_2 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \\ \alpha_6 \end{pmatrix}. \tag{2}$$

Sendo que isto resulta na matriz de funções de interpolação **N**:

$$\boldsymbol{N^T} = \frac{1}{2\,A_\Delta} \begin{bmatrix} x_1^2x_2^3 - x_1^3x_2^2 + (x_2^2 - x_2^3)x_1 + (x_1^3 - x_1^2)x_2 & 0 \\ 0 & x_1^2x_2^3 - x_1^3x_2^2 + (x_2^2 - x_2^3)x_1 + (x_1^3 - x_1^2)x_2 \\ x_1^3x_2^1 - x_1^1x_2^3 + (x_2^3 - x_2^1)x_1 + (x_1^1 - x_1^3)x_2 & 0 \\ 0 & x_1^3x_2^1 - x_1^1x_2^3 + (x_2^3 - x_2^1)x_1 + (x_1^1 - x_1^3)x_2 \\ x_1^1x_2^2 - x_1^2x_2^1 + (x_2^1 - x_2^2)x_1 + (x_1^2 - x_1^1)x_2 & 0 \\ 0 & x_1^1x_2^2 - x_1^2x_2^1 + (x_2^1 - x_2^2)x_1 + (x_1^2 - x_1^1)x_2 \end{bmatrix} \tag{3}$$

A etapa 2 constitui-se pela fundamentação básica da elasticidade bidimensional com o EPD que é dada por:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ 2\varepsilon_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_{1,1} \\ u_{2,2} \\ u_{1,2} + u_{2,1} \end{pmatrix} = \boldsymbol{Bu} \tag{4}$$

Sendo **B** uma matriz constante devido que os deslocamentos para o elemento CST são lineares. Assim a matriz **B** é dada por:

$$\boldsymbol{B} = \frac{1}{2\,A_{\Delta}} \begin{bmatrix} x_2^2 - x_2^3 & 0 & x_2^3 - x_2^1 & 0 & x_2^1 - x_2^2 & 0 \\ 0 & x_1^3 - x_1^2 & 0 & x_1^1 - x_1^3 & 0 & x_1^2 - x_1^1 \\ x_1^3 - x_1^2 & x_2^2 - x_2^3 & x_1^1 - x_1^3 & x_2^3 - x_2^1 & x_1^2 - x_1^1 & x_2^1 - x_2^2 \end{bmatrix} \tag{5}$$

O EPD é dado por:

$$\boldsymbol{D} = \frac{E}{(1+v)(1-2v)} \begin{bmatrix} 1-v & v & 0 \\ v & 1-v & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2v}{2} \end{bmatrix} \tag{6}$$

A etapa 3 é constituída pela obtenção das equações constitutivas do PTV. O EPT é dado por:

$$\boldsymbol{D} = \frac{E}{(1+v^2)} \begin{bmatrix} 1 & v & 0 \\ v & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-v}{2} \end{bmatrix} \tag{7}$$

A etapa 4 é a aplicação do PTV que resulta na matriz de rigidez **K**, que pode ser obtida da seguinte forma:

$$\boldsymbol{K} = \boldsymbol{B^T D B} \int_{\Omega} d\Omega = h A_{\Delta} \boldsymbol{B^T D B}\,, \qquad \boldsymbol{K} = h A_{\Delta} \boldsymbol{B^T D B}\,. \tag{8}$$

3. METODOLOGIA

O programa analisador denominado *Elasticaple2D* foi desenvolvido na linguagem Maple. Os dados de análise são inseridos em um arquivo de formato texto que posteriormente é lido pelo programa. Neste arquivo estão contidos os dados da malha como os nós e as conectividades de cada elemento, assim como as propriedades elásticas do material, o arquivo de entrada é ilustrado na Fig. 1.

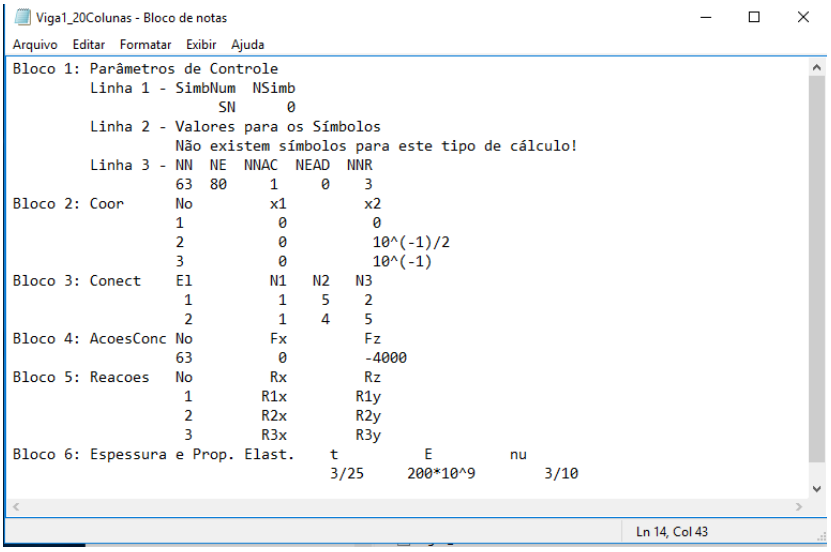


Figura 1. Arquivo de entrada do Elasticaple2D.

Após a leitura do arquivo o programa gera a malha de elementos triangulares e imprime na tela a malha como mostra a Fig. 2.

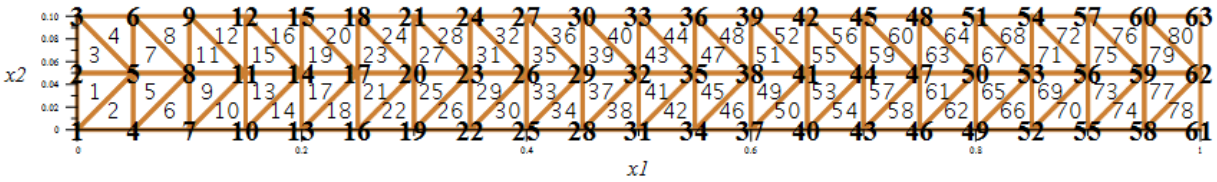


Figura 2. Malha de elementos triangulares.

Após a montagem da malha é iniciado os cálculos para obter os deslocamentos nodais para cada nó, sendo estes cálculos da área dos elementos, funções de interpolação e inversões de matrizes e outros fatores que comtemplam o PTV.

4. RESULTADOS

Um problema de viga exige uma análise rigorosa compara a uma tração simples, devido a flexão que ocorre na mesma. Para este tipo de análise foi obtido resultados similares aos encontrados em Logan (2012), para um caso onde uma viga está engastada e com uma carga concentrada na extremidade livre como ilustrado na Fig. 3.

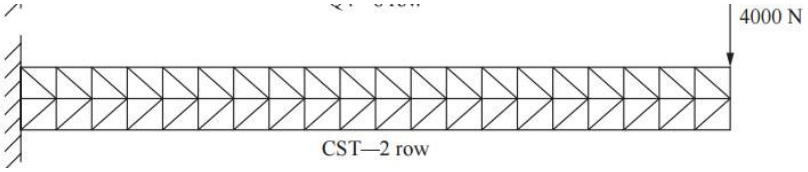


Figura 3. Viga engastada com carga na extremidade

Os dados da viga são: P= 4000 *N*, L= 1 *m*, I= 1x^10-5 *m^4*, t= 0,12 *m*, E= 200x10^9 *Pa*. Os resultados desta análise são mostrados na Tab. 1. Um gráfico com a predição de cada tipo de elemento é ilustrado na Fig. 4.

Tabela 1. Deslocamentos verticais dos elementos finitos em uma viga, Logan (2012, p. 370) e *Elasticaple2D*.

Elem 2D Utilizado/ linhas	Nª de nós	Nª de GDL	Deslocamento [m]	Erro [%]
Logan (2012) CST/2	60	120	$3{,}630x10^{-4}$	45,57
Elasticaple2D CST/2	60	120	$3{,}633x10^{-4}$	45,53
Elasticaple2D CST/5	246	492	$5{,}575x10^{-4}$	16,41
Logan (2012) CST/8	720	1440	$6{,}385x10^{-4}$	04,27
Teoria de Viga Clássica	---	---	$6{,}667x10^{-4}$	---

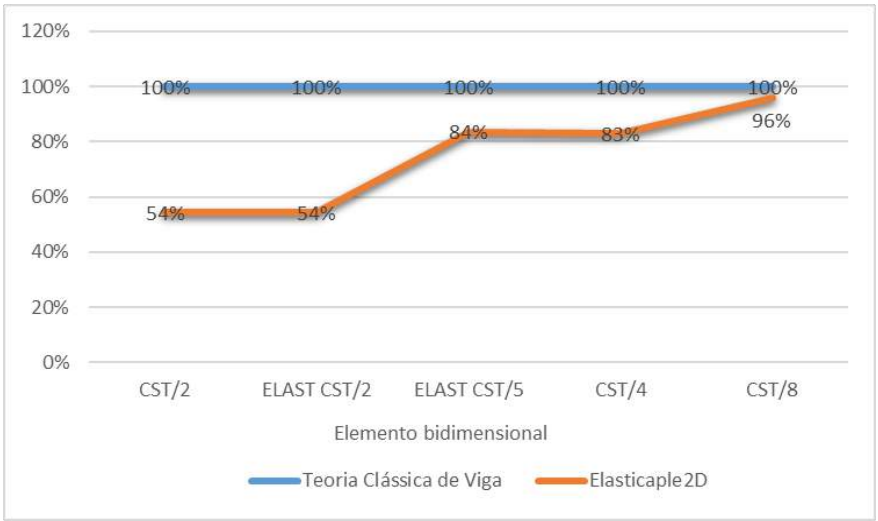


Figura 4. Elementos bidimensionais convergindo para resultado analítico.

As malhas utilizadas no Elasticaple2D para obter os resultados da Tab. 1 são mostradas na Fig. 5.

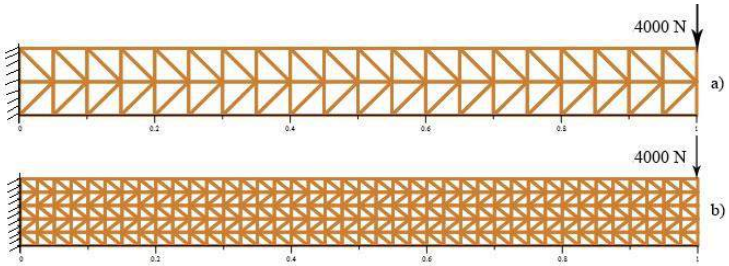


Figura 5. a) Malha 2x20 **Elasticaple2D CST/2** e b) Malha 5x40 **Elasticaple2D CST/5**.

Ao realizar um refinamento na malha é possível obter uma grande melhoria no resultado, aumentando o número de elementos de 80 para 400 houve uma melhora de 34,88% na precisão em relação ao resultado analítico mostrado na Tab. 1.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho foi realizado com o objetivo de solucionar problemas da elasticidade bidimensional (2D) em chapas através do Método dos Elementos Finitos (MEF) utilizando o Princípios dos Trabalhos Virtuais (PTV) para obter as equações de elementos finitos.

O programa foi submetido a testes em problemas de flexão, bem mais rigorosos que apenas tração simples. O elemento CST apresenta deformação constante em seu domínio, enquanto que para um problema de flexão a deformação varia linearmente ao longo da altura da viga. Mesmo com esta deficiência do elemento o programa forneceu bons resultados, convergindo para a solução analítica com o refinamento da malha. Comparando os valores com os resultados de elementos finitos disponíveis em Logan (2012, p. 370), o Elasticaple2D forneceu resultados idênticos, confirmando que o código programado está correto. Considerando o problema proposto por Logan (2012), com uma malha de apenas 60 elementos, o erro em comparação com a solução analítica é de 45,53%, mesmo valor obtido pelo Elasticaple2D, e refinando a malha para 400 elementos o erro reduziu para 16,41%, mostrando assim que o algoritmo pode vir a ser utilizado em casos de flexão de vigas em problemas reais, desde que se use uma malha fina.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

APPELT, F.G. Análise de placas de Kirchhoff retangulares pelo método dos elementos finitos com programação Maple e entrada de dados via Maplets com geração automática de malha. Trabalho de Final de Curso. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus de Erechim, 2016.

BORESI, A.P. e CHONG, K.P. Elasticity in engineering mechanics. 2ª Edição. Hoboken: John Wiley, 2000.

CLOUGH, R.W. e WILSON, E.L. Early finite element research at Berkeley. Fifth U.S. National Conference on Computational Mechanics, 4 a 6 de agosto de 1999.

COOK, R.D.; MALKUS D.S.; PLESHA, M.E.; WITT, R.J. Concepts and applications of finite element analysis. 4ª Edição. Nova Iorque: John Wiley, 2002.

FELIPPA, C.A. Introduction to finite element methods. (Apostila). Bounder: Departamento de Ciência da Engenharia Aeroespacial, Universidade do Colorado. Boulder, 2016.

LOGAN D.L. A first course in the finite element method, 5ª Edição. Stanford: Cen-gage Learning, 2012.

TIMOSHENKO, S.P. e GOODIER, J.N. Teoria da elasticidade. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.

OÑATE, E. Structural analysis with the finite element method. Linear statics. Volume 2: Beams, plates and shells.Springer, 2013.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO EXPERIMENTAL DO ESCOAMENTO DE AR NO PROCESSO DE ADMISSÃO EM UM MOTOR MONOCILINDRICO

Fabricio Winckiewicz Luz
Raul Marques Mauer
Flavio Vanderlei Zancanaro Júnior
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Rua universidade das missões, 464, Santo Ângelo - RS, Brasil
e-mail: zancanaro@san.uri.br

Resumo. *A admissão de ar-combustível em motores de combustão interna tem um importante efeito sobre a combustão e emissão de gases. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo experimental para analisar o comportamento da dinâmica dos gases no curso de admissão de um motor de combustão interna com ignição por centelha, operando arrasto por um motor elétrico, em diferentes rotações da árvore de manivelas: 800, 1000, 2000, 3000 e 4000 rpm. A vazão mássica de ar e o coeficiente de descarga global são determinados. O motor monocilíndrico analisado possui um volume deslocado de 35,8 cm^3, diâmetro do cilindro de 39 mm e curso de 30 mm. O experimento consiste de uma bancada de testes, utilizando um MAF para a medição da massa de ar, encoder, sensor de efeito hall utilizado para posicionar o ponto morto superior do motor e um motor elétrico juntamente com uma inversora de frequência. A partir dos resultados da vazão mássica de ar extraídos do experimento, determinou-se o coeficiente de descarga para as rotações analisados, observando discrepâncias entre eles, devido a variação de rotação angular. A vazão mássica de ar máxima aconteceu com rotação de 4000 rpm. O coeficiente de descarga global apresentou um significativo aumento em altas rotações.*

Palavras-chave: *Motores, processo de admissão, experimental, coeficiente de descarga*

1. INTRODUÇÃO

Motores de combustão interna (MCI) são considerados máquinas térmicas, ou seja, dispositivos que permite transformar calor em trabalho, sendo que o calor pode ser obtido de várias formas, uma delas, a combustão, que é a transformação de energia química em trabalho mecânico. Nos MCI as condições de escoamento têm um fundamental efeito na combustão e emissão. O escoamento no processo de admissão é altamente turbulento, transiente e podem apresentar flutuações significativas de ciclo para ciclo e o conhecimento dos efeitos são importantes fatores no desempenho do motor, isto é, para obter boas condições no processo de combustão é essencial se ter um controle da turbulência durante o processo de admissão, sendo que o projeto de um motor requer um preciso detalhamento das grandezas e fenômenos envolvidos. O maior desafio nos últimos anos é assimilar o escoamento altamente tridimensional, turbulento e transiente em modelos de turbulência que tenham bom compromisso com a física envolvida. Por outro lado, a experimentação, quando bem planejada e executada, conduz a bons resultados, mas apresenta ainda deficiências na questão de visualização e, em alguns casos, é proibitiva quando se deseja analisar um grande número de variantes no projeto. (Heywood, 1988 ; Lakshminarayanan e Aghav, 2010).

Os efeitos do escoamento são determinados pela medição da vazão de ar no coletor de admissão e válvula de admissão. O coeficiente de descarga (C_D) é parâmetro que representa a permeabilidade da vazão mássica de ar (ou ar-combustível) no sistema de admissão do motor. Um escoamento de ar através do coletor e válvula de admissão pode ser caracterizado pelas condições de descarga da válvula de admissão. Essas condições dependem da geometria do coletor e válvula de admissão (Gosman et al., 1985). Também, o escoamento de ar através da válvula de admissão varia com a pressão de admissão, aumentando à medida que aumenta a pressão (Baratta et al., 2008 ; Zancanaro e Vielmo, 2010). A válvula e o coletor são ditos eficientes se existe uma mínima discrepância entre o escoamento real e a área do escoamento geométrico. Dessa forma, eficiência é quantificada pela determinação do coeficiente de descarga que é a razão entre as áreas de escoamento real e ideal (Ferguson, 1985 ; Soriano et al., 2012).

Existem diversas técnicas para analisar o escoamento de ar a partir de medidas experimentais. Por exemplo, a LIPA (*Laser Induced Photochemical Anemometry*), a LDV (*Laser Doppler Velocimetry*) e o anemômetro de fio / filme quente (Stier e Falco, 1994 ; Payri, 1996). A técnica LDV pode caracterizar o movimento de massa de ar durante os quatro cursos do ICE. Embora este seja um equipamento com um investimento alto, ele pode, também, mensurar o campo de velocidade dentro do cilindro enquanto o motor está funcionando. O anemômetro de fio quente pode ser usado para

medir o perfil de velocidade e intensidade de turbulência na admissão de ar de um motor em operação estável. Aplicando a metodologia de anemometria para mensurar a magnitude do momento angular no processo de admissão para cada velocidade relacionada à abertura das válvulas, observou-se que o perfil de velocidade e a intensidade da turbulência dependem fortemente da abertura da válvula e da geometria da entrada de admissão (Liu et al., 1994 ; Hadded e Denbratt, 1991 ; Corcione e Valentino, 1994).

O objetivo neste trabalho é realizar a instrumentação de um motor monocilíndrico e mensurar experimentalmente a vazão mássica de ar e coeficiente de descarga em função do ângulo da árvore de manivelas no sistema de admissão para rotações diferentes de operação do motor. O motor é tracionado por um motor elétrico controlado sua rotação por uma inversora de frequência. Os resultados para diferentes curvas rotações angulares são comparados e discutidos em função da dinâmica dos gases envolvida.

2. ESPECIFICAÇÃO DO MOTOR

O motor monocilíndrico HONDA GX-35 investigação é de uma ignição de ignição de quatro tempos, contendo coletores de admissão e exaustão convencionais. O motor possui aplicações em roçadeiras, bicicletas e, também, utilizado em aeronaves não tripuladas (VANTS). As especificações técnicas e operacionais são apresentas na Tabela 1 (Honda, 2017).

Tabela 1. Especificações técnicas do motor HONDA GX-35

Descrição	Valores
Diâmetro do cilindro x Curso	39 mm x 30 mm
Deslocamento unitário	35,8 cm^3
Abertura/fechamento da válvula de admissão [Antes PMS[1]/Após PMS]	25,41° / 66,21°
Máxima abertura da válvula de admissão	2,82 mm
Potência Máxima a 7000 rpm	1 kW
Torque líquido a 5500 rpm	1,6 N·m
Sistema de ignição	Sistema magneto transistorizado
Sistema de admissão de ar	Naturalmente aspirado
Relação de compressão	8:1
Carburação	Tipo diafragma

[1] Ponto Morto Superior

3. COEFICIENTE DE DESCARGA GLOBAL

Na análise da alimentação de MCI, é conveniente comparar o caso real com uma situação idealizada, onde a velocidade, temperatura e pressão permanecem uniformes através de qualquer seção perpendicular à direção do escoamento. Outra hipótese consiste em considerar o escoamento reversível e adiabático (Ferrari, 2005), e sem a obstrução causada pela válvula. O coeficiente de descarga, C_D, é então a relação entre a vazão mássica real de ar, m_{real}, e a vazão mássica ideal, m_{ideal}, obtida na expansão isentrópica descrita acima, através da área. Portanto, para o cálculo do C_D em uma determinada posição de abertura de válvula, a equação assume a seguinte forma (Heywood, 1988 ; Ferrari, 2005)

$$C_D = \frac{\dot{m}_{real}}{\dot{m}_{ideal}} = \frac{\dot{m}_{real}}{\frac{\pi d_v^{\,2}}{4}\frac{p_{st}}{(RT_0)^{1/2}}\left(\frac{p_{out}}{p_{st}}\right)^{1/\gamma}\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left[1-\left(\frac{p_{out}}{p_{st}}\right)^{(\gamma-1)/\gamma}\right]\right\}^{1/2}} \tag{1}$$

onde m_{real} é a vazão mássica real (kg/s) obtida experimentalmente ou numericamente, m_{ideal} é a vazão mássica ideal (kg/s) determinada analiticamente, p_{out} a pressão na saída (Pa), p_{st} é a pressão a entrada (Pa), R a constante universal dos gases (J/kgK), d_v é o diâmetro do orifício de entrada do escoamento, γ é a relação de calor específico e T_0 a temperatura absoluta (K).

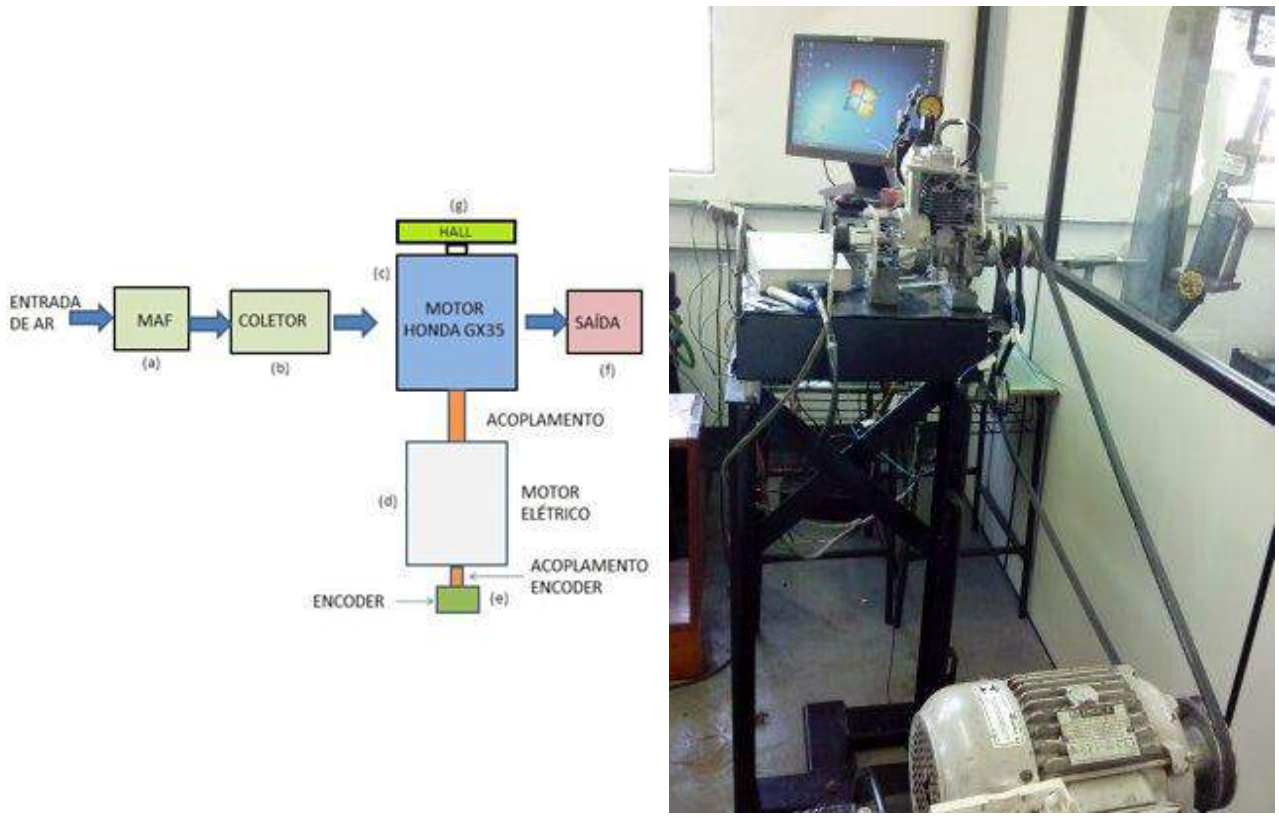
O valor do coeficiente de descarga para a fase de abertura da válvula varia em função do ângulo do eixo de manivelas. Por fim, para determinar o coeficiente de descarga global, $\overline{C}_D$, relativo ao processo de abertura da válvula, para um ciclo de motor quatro tempos, tem-se a seguinte relação (Ferrari, 2005),

$$\overline{C}_D = \frac{1}{4\pi}\int_0^{4\pi} C_D(\theta)\, d\theta \tag{2}$$

onde θ refere-se ao ângulo da árvore de manivelas (º).

4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Para a realização do estudo do escoamento de ar no motor Honda GX-35 foi construída uma bancada de testes que proporcione as medições da vazão mássica de ar admitida em função do ângulo da árvore de manivelas em diferentes rotações de trabalho. A Figura 1(a) apresenta o esquema em blocos da montagem da bancada e a Figura 1(b) a bancada experimental.



(a) (b)

Figura 1: Ilustração da bancada de testes

O motor foi arrastado utilizado um motor elétrico trifásico de indução com potência de 3 hp, modelo B90 S 2 EBERLE acionado por uma inversora de frequência. O motor elétrico disponibiliza uma rotação de 3480 RPM a uma frequência de 60 Hz. A inversora de frequência tem a função de alterar a frequência de operação do motor elétrico para alcançar as diversas faixas de rotações necessárias para o experimento, sendo da marca ABB (ACS355-01E-09A8-2).

Os dados da rotação angular foram coletados através de um *encoder* (Autonics E40S6-3600-6-L-5) com 3600 pulsos por revolução, acoplado no motor elétrico. Um sensor Hall (SS495B) foi usado para correlacionar a posição do pistão em relação ao movimento angular. Os dados da vazão mássica de ar foram adquiridos com um sensor MAF (*Measurement Air Flow*) (Bosch 0280218002). Todos os sensores foram conectados à placa de aquisição de dados *National Instruments* (NI 6363) e coletados utilizando o programa LabView®.

Na aquisição dos dados da vazão massa de ar foram realizadas 50 amostras para cada ângulo da árvore de manivelas, com o total de 7177 pontos ao longo dos 720 graus, que compreende o ciclo completo em cada rotação angular mensurada. A média de cada ponto foi utilizado com valores de saída para a análise.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da vazão mássica de ar no curso de admissão foram obtidos a partir das aquisições de dados através da bancada experimental para diferentes rotações da árvore de manivelas e são apresentados e discutidos. Os resultados obtidos das medições valores de tensão do sensor MAF foram convertidos em vazão mássica de ar através da curva de calibração do equipamento (Rech, 2010), assim, determinaram-se os valores da vazão mássica de ar em cada uma das faixas de operação do experimento, sendo elas 800, 1000, 2000, 3000 e 4000 rpm. Os valores do coeficiente de descarga foram encontrados pelas Equações 1 e 2, juntamente com as características geométricas apresentadas na Tabela 1, resultando uma vazão mássica ideal de 16,82 g/s.

A Tabela 2, apresenta a média e o desvio padrão para cada uma das rotações. Observa-se que, após as 50 medições, a rotação angular média difere ligeiramente dos valores definidos para as cincos analises, devido ao curso de compressão exigir uma potência maior do motor elétrico para manter uma rotação constante em virtude da compressão do ar e, possivelmente, ao escorregamento entre a correia e as polias acionadoras do motor na etapa de compressão.

Tabela 2. Rotações angulares analisadas

Rotação [rpm]	Desvio Padrão	Média [rpm]
800	27,25283856	790,7683
1000	38,27702502	992,1869
2000	76,05836433	1983,42
3000	60,84855363	2814,591
4000	67,00967867	4021,824

A Figura 2 apresenta o comportamento da vazão mássica de ar em função do ângulo da árvore de manivelas. No Ponto Morto Superior (PMS ~75°), o pistão inicia sua trajetória descendente, produzindo uma depressão no interior do cilindro que causa um forte aumento da vazão mássica de ar, associada à progressiva abertura da válvula de admissão, obtendo um valor máximo para cada rotação. Após atingir um valor máximo, a vazão de ar diminui em função do fechamento da válvula de admissão. O fechamento da válvula de admissão produz o refluxo do escoamento, entre 250° e 300°, devido possivelmente a redução da pressão do coletor de admissão. Subsequentemente, nota-se que para altas rotações há uma variação da vazão atribuídas à presença de efeitos dinâmicos e recirculações na zona de entrada.

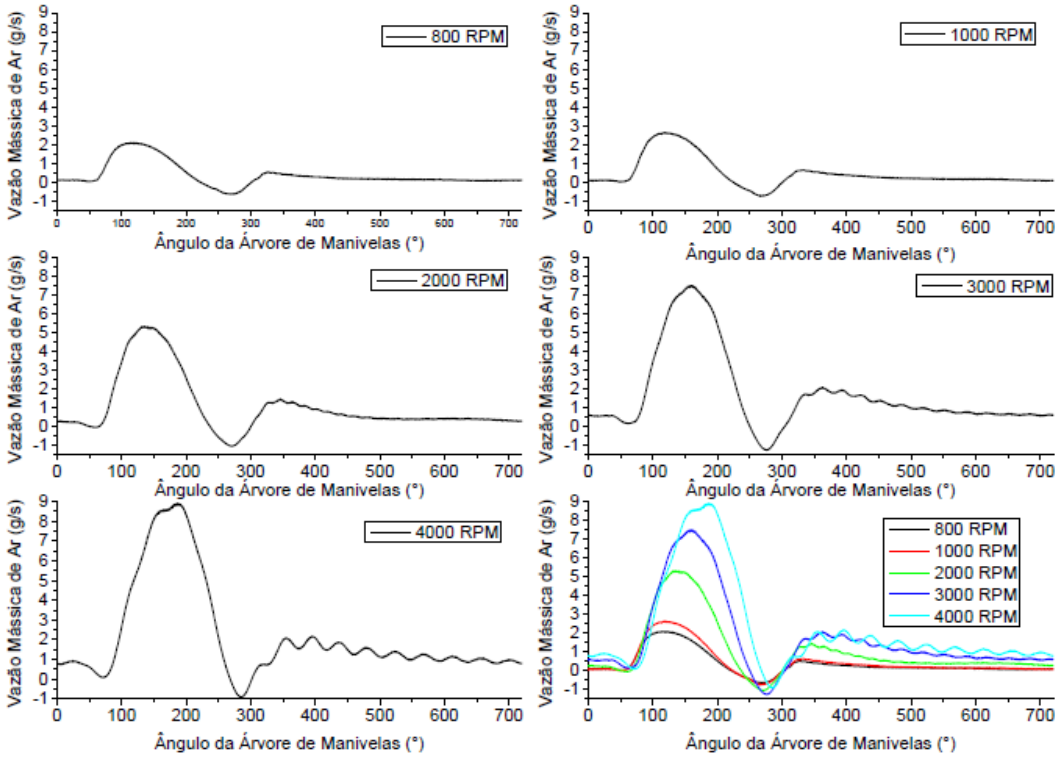


Figura 2: Vazões mássicas de ar experimental admitida no processo de admissão

A Tabela 3 apresenta o valor do coeficiente de descarga global para cada rotação no ciclo. Como esperado, houve um significativo aumento do coeficiente de descarga global atribuído ao aumento da rotação, isto é, atribuído ao aumento da vazão mássica de ar admitida no curso de admissão, produzido pelo aumento da rotação.

Tabela 3. Coeficiente de descarga global

Rotação [rpm]	$\overline{C}_D$
800	0,46
1000	0,49
2000	0,65
3000	0,78
4000	0,87

6. CONCLUSÕES

O estudo experimental foi realizado e apresentados a comparação do aumento da vazão mássica de ar em função da rotação angular. Concluímos que a vazão mássica de ar e o coeficiente de descarga aumentam à medida que a velocidade do motor aumentou, atingindo um pico e declinando com o fechamento da válvula de admissão. Também é possível observar refluxo e efeitos dinâmicos no coletor de admissão, este último mais claros para altas rotações.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a URI – Câmpus de Santo Ângelo por disponibilizar recursos para a realização do estudo.

8. REFERÊNCIAS

Baratta, M.; Catania, A.E.; Pesce, F.C.; Spessa, E.; Rech C.; Vielmo, H.A.. 2008. “Multidimensional Modeling of a High Swirl-Generating Helical Intake Port for Diesel Engines”, *in Proceedings of the 12th Brazilian Congress of Thermal Engineering and Sciences*, Belo Horizonte -MG, Proceedings of ENCIT, Rio de Janeiro, RJ: ABCM.

Ferguson, Colin R., 1998. *Internal combustion engine*. New York: J. Wiley.

Ferrari, G. 2005. *Motori a Combustione Interna*, Torino, Ed il Capitello.

Corcione FE, Valentino G, 1994. “Analysis of in-cylinder flow processes by LDA”. Combustion and Flame; 99:387–94.

Gosman, A.D., Tsui, Y.Y. e Vafidis, C., 1985. “Flow in a model engine with a shrouded valve-a combined experimental and computational study”. *SAE Technical Paper*, No.850498.

Hadded, O.; Denbratt, I., 1991. “Turbulence characteristics of tumbling air motion in 4-valve SI engines and their correlation with combustion parameters”, *SAE Technical Pap* SAE Paper 910478.

Heywood, J.B. 1988. *Internal Combustion Engines*. McGraw-Hill Inc.

Honda, 2017. “Model Detail GX35” 10 setembro 2017 <http://engines.honda.com/models/model-detail/gx35>.

Lakshminarayanan, P.A.; Aghav, Y. V. 2010. *Modelling Diesel Combustion*, Springer, Mechanical Engineering Series.

Liu R., Xiao F., Guan L., Jilin, X.L., 1994. “An Investigation into Air Flow Characteristics through Inlet Valve of Directed Ports”, *SAE Technical Paper* , SAE Paper 941753.

Payri F, Desantes JM, Pastor JV, 1996. “LDV measurements of the flow inside the combustion chamber of a 4-valve D.I. Diesel engine with axisymmetric piston bowls”. *Experiments in Fluids*; Vol. 22:118–28.

Rech, C., 2010. *Análise Numérica e Experimental do Escoamento em Motores de Combustão Interna*, Porto Alegre, UFRGS, Tese de Doutorado.

Soriano B.S, Rech C., Zancanaro, F. V. Jr. e Vielmo, H. A., 2012. “Experimental and numerical analysis of discharge coefficient in internal combustion engine”, in *Proceedings of the 9th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics – HEFAT2012*, Malta, Turquia.

Stier B., Falco R.E., 1994. “Application of LIPA (Laser Induced Photochemical Anemometry) to the Water Analog Model of a Four-Stroke IC Engine”, *SAE Technical Paper*, SAE Paper 940282.

Zancanaro, F. V. Jr.,Vielmo, H.A., 2010. “Intake Flow and Time Step Analysis in the Modeling of a Direct Injection Diesel Engine”, In *Proceedings of the 13th Brazilian Congress of Thermal Engineering and Sciences*, Uberlândia - MG. Proceedings of ENCIT, Rio de Janeiro, RJ: ABCM.

9. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os responsáveis pelo material impresso incluídos nesse artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO DO OMBRO DA FERRAMENTA CONTENDO ESTRIAS EM ESPIRAL COM E SEM CHANFRO NA QUALIDADE DAS SOLDAS FSW EM CHAPAS DE ALUMÍNIO DA LIGA AA 5083

Francieli Gonçalves Franceschini
Arthur Bortolin Beskow
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Erechim, RS, Brasil.
E-mails: francielifranci@hotmail.com; arthur@uricer.edu.br

Resumo: *O processo de soldagem por fricção e mistura mecânica, do inglês Friction Stir Welding, conhecido como processo FSW, foi desenvolvido em 1991 e patenteado pelo The Welding Insitute e é considerado uma das inovações tecnológicas mais importantes na área da metalurgia da soldagem. Neste processo, uma ferramenta não consumível é projetada especialmente para ser introduzida nas juntas das chapas a serem soldadas, gerando calor e misturando mecanicamente o material da junta, consolidando a solda. Uma das vantagens do processo é o fato de ocorrer no estado sólido, preservando as propriedades mecânicas das ligas. Este trabalho teve por objetivo o estudo da influência do diâmetro do ombro da ferramenta nas propriedades mecânicas das juntas soldadas. Foram realizados experimentos para a união de chapas de alumínio da liga AA 5083 com a ferramenta contendo diferentes diâmetros de ombro (15, 17, 19 e 21 mm) em duas configurações distintas: sem chanfro e com chanfro na borda do ombro. Nos 8 experimentos executados apenas as chapas soldadas com as ferramentas de 15 mm e 17 mm apresentaram vazios internos, as demais apresentaram núcleo integro. As soldas realizadas com ferramentas contendo chambro apresentaram menor quantidade de rebarba comparado com as realizadas com ferramentas sem chanfro.*

Palavras-chave: *processo FSW, soldagem de alumínio.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma tendência geral do uso de materiais leves e com boas propriedades mecânicas. Propriedades como baixa densidade e alta resistência mecânica das ligas leves de alumínio tem permitido sua inserção em indústrias como a aeronáutica, estrutural e automotriz. Entretanto, as ligas de alumínio dificultam o processo de união de elementos mecânicos através dos processos de soldagem convencionais. A tendência de gerar defeitos, como poros e trincas no processo de resfriamento a partir da fase líquida, e a necessidade de remoção da capa de óxido da superfície das peças a soldar, elevam os custos do processo e diminuem a qualidade das juntas soldadas por técnicas de soldagem convencionais.

Uma das inovações tecnológicas mais importantes na área da metalurgia da soldagem, o processo de soldagem por fricção e mistura mecânica, do inglês, *Friction Stir Welding*, desenvolvido em 1991 pelo *The Welding Institute* (TWI), é uma excelente alternativa para realizar uniões de chapas de alumínio. O processo FSW é realizado por meio de uma ferramenta rotativa não-consumível, que é introduzida na linha da junta a ser soldada, sendo deslocada ao longo desta linha. O contato da ferramenta gera calor por atrito, promovendo a mistura mecânica dos materiais ainda no estado sólido, sem a ocorrência de fusão (MISHRA e MURRAY, 2007).

Nos últimos anos o processo FSW tem sido alvo de diferentes estudos, com foco na caracterização das soldas, na seleção de um conjunto ótimo de parâmetros de processo, nas aplicações e no desenvolvimento de modelos para descrever o comportamento das temperaturas e fluxo do material no processo, desenvolvimento de diferentes ferramentas para soldagem, entre outros. Devido à importância da geometria da ferramenta, que é um dos principais parâmetros de soldagem, é relevante estudar estas geometrias. O ombro é projetado para produzir calor na região superficial da peça a ser soldada, produz a maior parte do calor por atrito e deformação em soldagem de espessuras finas, enquanto que o pino produz a maior parte do calor em soldagem de espessuras maiores. Então, um dos mais importantes parâmetros do ombro é seu diâmetro, pois está diretamente relacionado com o calor gerado por fricção (MEHTA *et al.*, 2011). O aumento do diâmetro do ombro da ferramenta ocasiona um aumento na temperatura do processo, pois aumenta a área de atrito entre a ferramenta e a peça.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizadas chapas da liga de alumínio AA 5083 para a realização dos experimentos, a qual possui magnésio como principal elemento de liga. Esta liga possui boa soldabilidade e usinabilidade, além de elevada resistência à corrosão, sendo aplicada basicamente na indústria naval. As peças de testes utilizadas para soldagem pelo processo FSW foram confeccionadas de uma chapa comercial com espessura nominal de 6,6 mm, nas dimensões de 100 x 300 mm. Para realização das soldas pelo processo FSW foi utilizado um centro de usinagem de três eixos (X,Y,Z) da *Deb'Maq*, série *Diplomat*, modelo *Skybull 600*, apresentado na Fig. 1 (a). Este centro de usinagem possui estrutura robusta, oferecendo rigidez e estabilidade ao processo. O dispositivo de fixação deve ser rígido para suportar a força imprimida pela ferramenta, tanto no sentido axial como transversal. O dispositivo utilizado é apresentado na Fig. 1 (b).

Sendo o ombro da ferramenta o principal responsável pela geração de calor no processo, neste trabalho foram testadas geometrias de ombro em duas configurações: sem chanfro e com chanfro de 1 mm x 45º. A utilização de chanfro na borda do ombro da ferramenta tem por objetivo a eliminação ou redução da formação de rebarbas. Inicialmente o ombro da ferramenta possuía diâmetro de 21 mm sem chanfro, após a primeira soldagem foi feito o chanfro na borda da ferramenta, mantendo os 21 mm de diâmetro. Realizado o segundo experimento, o ombro da ferramenta foi usinado passando a ter diâmetro de 19 mm, foi realizado o experimento na configuração sem chanfro, em seguida foi usinado o chanfro na borda da ferramenta e realizado outro experimento. Então, usinou-se o ombro para o diâmetro de 17 mm sem chanfro e depois com chanfro, sendo que o último diâmetro de ombro da ferramenta foi de 15 mm, utilizado com as duas configurações: sem chanfro e com chanfro. A ferramenta desenvolvida é apresentada na Fig. 1 (c).

Figura 1. (a) Centro de usinagem, (b) dispositivo de fixação e (c) ferramenta desenvolvida: sem chanfro e com chanfro.

Com o objetivo de avaliar a estrutura das soldas obtidas foram realizadas análises macrográficas a fim de encontrar possíveis defeitos internos. Por inspeção visual foi analisada a formação de rebarbas e a presença de defeitos na superfície da junta soldada.

Os parâmetros de processo utilizados estão apresentados na Tab.1**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, sendo que os mesmos foram mantidos constantes em todos os experimentos.

Tabela 1. Parâmetros de soldagem utilizados nos experimentos.

Ângulo de Inclinação [°]	Velocidade de Rotação [rpm]	Velocidade de Avanço [mm/min]	Penetração do Ombro [mm]	Tempo de Aquecimento [s]	Altura do Pino [mm]	Sentido de Rotação
0	1450	20	-0,4	60	6,2	Anti-horário

3. RESULTADOS

Neste trabalho foram realizados oito experimentos com a utilização da ferramenta desenvolvida, tendo como objetivo avaliar a influência do diâmetro do ombro da ferramenta na qualidade da solda.

3.1 Experimento F1

O experimento F1 foi realizado com a ferramenta com ombro contendo estrias em espiral e diâmetro de 21 mm sem chanfro. Na Fig. 2 (a) é mostrado o aspecto superficial da junta soldada. Durante a soldagem a utilização de potência da máquina manteve-se constante no início da junta, cerca de 24% da capacidade total, aumentando para 28% no decorrer da solda, porém com 242 mm de solda realizada, a temperatura do motor do eixo Z atingiu 62 ºC, indicando que o motor estava realizando força excessiva para o deslocamento da ferramenta, sendo necessário interromper a soldagem neste instante. Possivelmente, este fato se deve ao uso do ombro com diâmetro de 21 mm, que proporciona um aumento

na temperatura do processo, pois aumenta a área de atrito entre a ferramenta a e peça. A chapa soldada apresentou grande quantidade de rebarba, como é evidenciado na Fig. 2 (b). Na análise visual a solda apresenta um bom aspecto, mesmo com a formação de rebarbas não houve defeitos visuais aparentes, nem descontinuidades ou problemas com a integridade do cordão.

Com o objetivo de avaliar a qualidade da solda e caracterizar a existência ou não de defeitos na junta soldada, o experimento F1 foi submetido à análise metalográfica. A chapa soldada foi seccionada para obtenção dos corpos de prova (CP's) que foram submetidos ao lixamento metalográfico e após a estrutura macrográfica foi revelada por meio de ataque químico com água régia. As macrografias estão apresentadas na Fig. 2 (c) e mostram que o cordão de solda apresenta núcleo íntegro, bem desenvolvido. Pode-se perceber a presença de *onion rings* na região de mistura. Os *onion rings* são linhas de fluxo de material em forma de anéis, que geralmente são encontrados em soldas realizadas pelo processo FSW. De acordo com Kumar e Kailas (2007), a forma com que se apresentam os anéis da junta pode ser explicada pelo movimento de rotação do material, camada por camada ao redor do pino da ferramenta, reproduzindo os relevos do seu perfil. Além disso, o material plastificado logo à frente da ferramenta é rotacionado e atinge o lado do recuo. Quando atinge esta região, a presença de material de base mais frio barra a movimentação do material plastificado, tendendo a forçar a sua saída da cavidade da solda, a expulsão é então restringida pelo ombro da ferramenta, que impõe ao material o percurso de rotação completo até atingir o lado de avanço. Este material que conservou as marcas do movimento de rotação em camadas encontra o material no lado de avanço ainda devido à restrição do ombro, formando o aspecto de anéis, denominado *onion rings.*

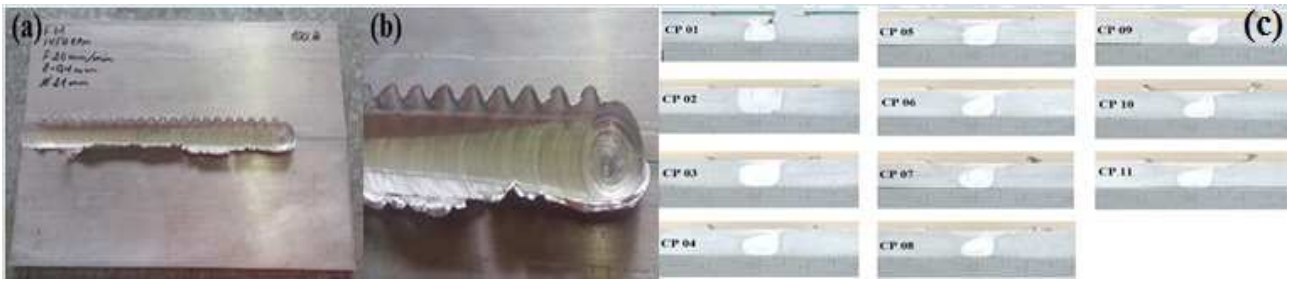


Figura 2. (a) Aspecto superficial, (b) formação excessiva de rebarba e (c) macrografias.

3.2 Experimento F2

O experimento F2 foi realizado com a ferramenta contendo diâmetro de ombro de 21 mm com chanfro na borda. Na Fig. 3 (a) é mostrado o aspecto superficial da junta soldada. Durante a soldagem a utilização de potência da máquina manteve-se constante no início da junta, cerca de 26% da capacidade total, aumentando para 29% no decorrer da solda. Neste experimento houve pouca formação de rebarba devido à utilização de chanfro na borda da ferramenta, houve preenchimento total da raiz da solda, não se encontrou descontinuidades e nem defeitos visuais aparentes.

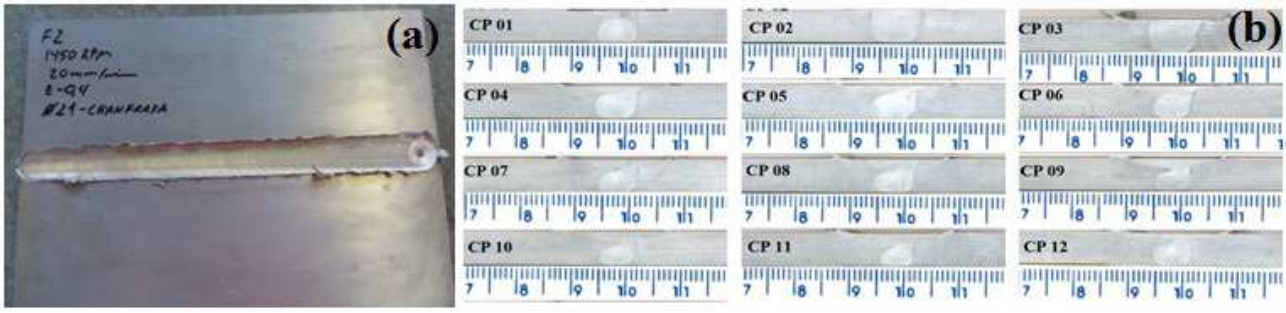


Figura 3. (a) Aspecto superficial e (b) macrografias.

A análise metalográfica foi realizada com o objetivo de avaliar a qualidade da solda obtida. As macrografias do experimento F2, apresentadas na Fig. 3 (b) mostram que o núcleo da solda é íntegro, bem desenvolvido. A partir do CP 04 há formação de *onion rings* na região de mistura (linhas de fluxo de material em forma de anéis), que é o perfil característico da solda realizada pelo processo FSW e que se mantém ao longo de toda a união, este fato confirma a recomendação da Norma ISO 25239:2011 de que os primeiros 50 mm de solda devem ser descartados, pois as propriedades do material ainda estão em evolução. A raiz da solda foi completamente preenchida e não se encontraram vazios internos ou porosidades.

3.3 Experimento F3

Neste experimento o diâmetro do ombro da ferramenta foi de 19 mm sem chanfro. A utilização de potência da máquina manteve-se constante durante o início da junta, cerca de 19% da capacidade total, aumentando para 26% no decorrer da solda. A Fig. 4 (a) apresenta o aspecto superficial da solda obtida. A chapa soldada apresentou formação excessiva de rebarba, como é evidenciado na Fig. 4 (b). A rebarba formada tinha altura expressiva de aproximadamente 12 mm. A falta de chanfro na borda da ferramenta contribuiu para a formação excessiva de rebarba, visto que o diâmetro de ombro utilizado neste experimento é o mais recomendado pela literatura. Analisando visualmente a solda apresenta um bom aspecto, sem defeitos visuais aparentes apesar da grande quantidade de rebarba. Não há vazios aparentes nem descontinuidades e a raiz da solda foi completamente preenchida. Na Fig. 4 (c) estão apresentadas as imagens das macrografias dos CP's. O núcleo da solda apresenta-se homogêneo, sem a presença de defeitos e com grãos refinados. A penetração na raiz foi suficiente para preencher toda a seção transversal da chapa e não se encontraram vazios internos.

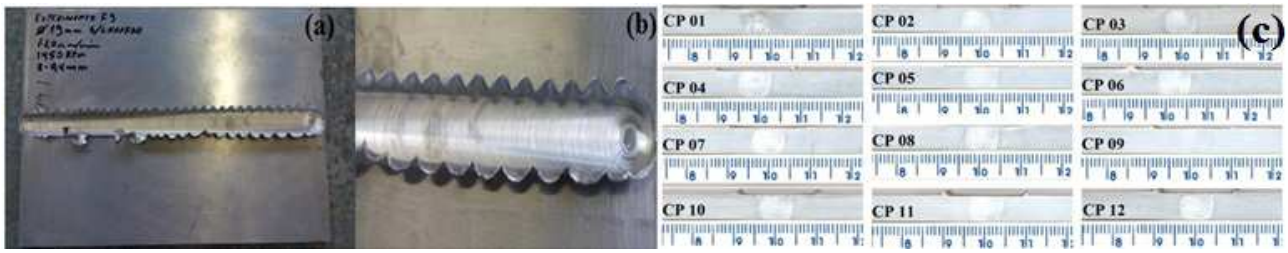


Figura 4. (a) Aspecto superficial, (b) formação excessiva de rebarbas e (c) macrografias.

3.4 Experimento F4

Este experimento foi realizado com a ferramenta contendo diâmetro de ombro de 19 mm com chanfro na borda. Durante a soldagem a utilização de potência da máquina manteve-se constante do início ao fim em 21% da capacidade total da máquina. Na Fig. 5 (a) é mostrado o aspecto superficial da solda obtida. Houve formação de rebarba sempre maior na região de retrocesso, devido ao sentido de rotação da ferramenta. A solda apresenta bom aspecto, não houve formação de vazios e nem descontinuidades ao longo da junta. As macrografias são apresentadas na Fig. 5 (b), nas quais é possível perceber que no CP 1 existem vazios, porém este defeito ocorreu nos primeiros 50 mm de solda, que segundo a Norma ISO 25239:2011 devem ser descartados, nos demais CP's não se evidenciam vazios no núcleo da solda.

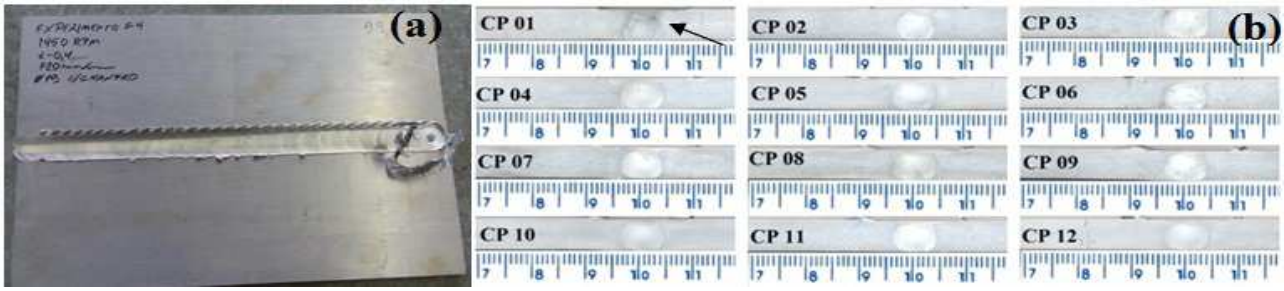


Figura 5. (a) Aspecto superficial e (b) macrografias.

3.5 Experimento F5

A ferramenta utilizada para realização deste experimento estava com diâmetro de ombro de 17 mm sem chanfro. A utilização de potência da máquina manteve-se constante durante o início da junta, cerca de 18% da capacidade total, aumentando para 24% no decorrer da solda, cujo aspecto superficial é mostrado na Fig. 6 (a), o qual apresenta boa aparência, mas com grande formação de rebarba, que ocorre quando o ombro da ferramenta não consegue confinar todo o material que está sendo movimentado, e uma parte deste material é expulsa na forma de rebarba, entretanto, a rebarba não influencia as propriedades do MB e pode-se obter uma solda de qualidade. A junta soldada não apresenta defeitos visuais aparentes, nem formação de vazios, houve preenchimento total da raiz da solda e não houve descontinuidades superficiais. As macrografias obtidas estão apresentadas na Fig. 6 (b). Pode-se observar a continuidade longitudinal do cordão na linha da solda, boa penetração da raiz que se estende ao longo de todo o comprimento e ausência de vazios internos. É possível visualizar que a zona da mistura é caracterizada pela formação de grãos refinados, que ocorrem devido à recristalização dinâmica imposta pelo elevado grau de deformação plástica e pela temperatura, conferidos ao material pela rotação da ferramenta durante o processo.

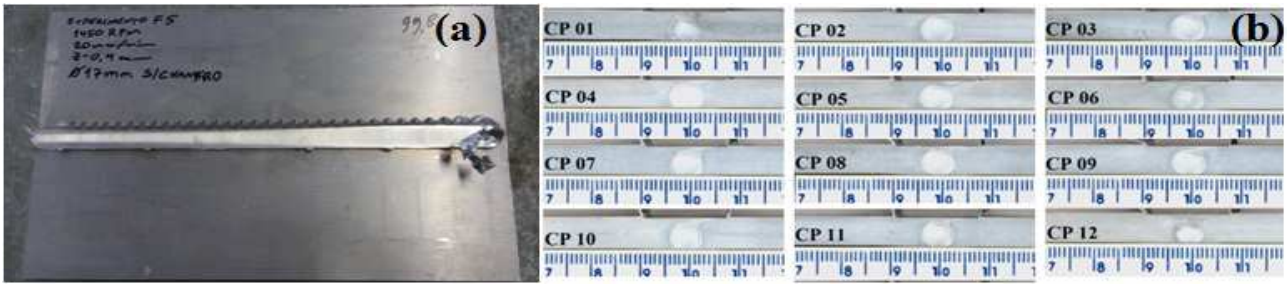


Figura 6. (a) Aspecto superficial e (b) macrografias.

3.6 Experimento F6

Para realização deste experimento utilizou-se a ferramenta com diâmetro de ombro de 17 mm com chanfro na borda. A utilização de potência da máquina manteve-se constante do início ao fim da solda em 21%, evidenciando que em função do diâmetro do ombro ser menor a potência necessária para realização da solda é menor, quando comparada a soldagem realizada com um diâmetro de ombro maior. A análise visual da solda apresenta bom aspecto, houve formação de rebarba sempre maior na região de retrocesso da junta devido ao sentido de rotação da ferramenta. O aspecto superficial da solda obtida é mostrado na Fig. 7 (a). As macrografias obtidas estão apresentadas na Fig. 7 (b). Os CP's 01, 04, 08, 09 e 12 apresentaram vazios superficiais que continuam até o interior da solda, mostrando que há uma descontinuidade do fluxo de material na região do vazio. A formação destes vazios está relacionada a uma pressão inadequada da ferramenta na superfície da solda, devido ao tamanho do diâmetro do ombro da ferramenta.

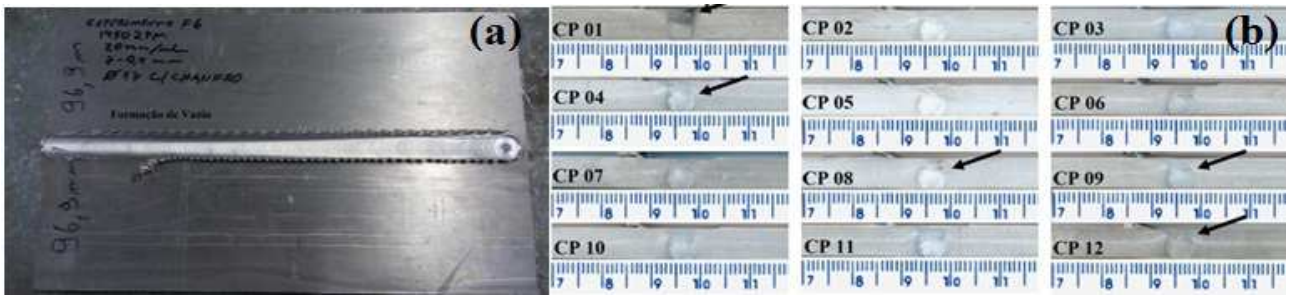


Figura 7. (a) Aspecto superficial e (b) macrografias.

3.7 Experimento F7

Para realização do experimento F7 o diâmetro do ombro da ferramenta estava com 15 mm sem chanfro na borda. O aspecto superficial da solda obtida é apresentado na Fig. 8 (a). A utilização de potência da máquina manteve-se constante do início ao fim da solda em 19%, evidenciando que em função do diâmetro do ombro ser menor a potência necessária para realização da solda é menor. A solda obtida apresentou má qualidade, com grande quantidade de rebarbas, descontinuidades na junta soldada, marcas do ombro da ferramenta e formação de vazios. Na análise macrográfica mostrada na Fig. 8 (b), todos os CP's apresentaram vazios internos e descontinuidades do fluxo de material em toda a região da junta, cuja formação está relacionada a uma pressão inadequada da ferramenta na superfície da chapa, devido ao tamanho do diâmetro do ombro da ferramenta, gerando energia insuficiente para a solda. Conforme descrito por Kim *et al.* (2006), os vazios de preenchimento podem ser causados por fornecimento insuficiente de energia, devido à ação do processo, ou por mistura anormal na junta soldada.

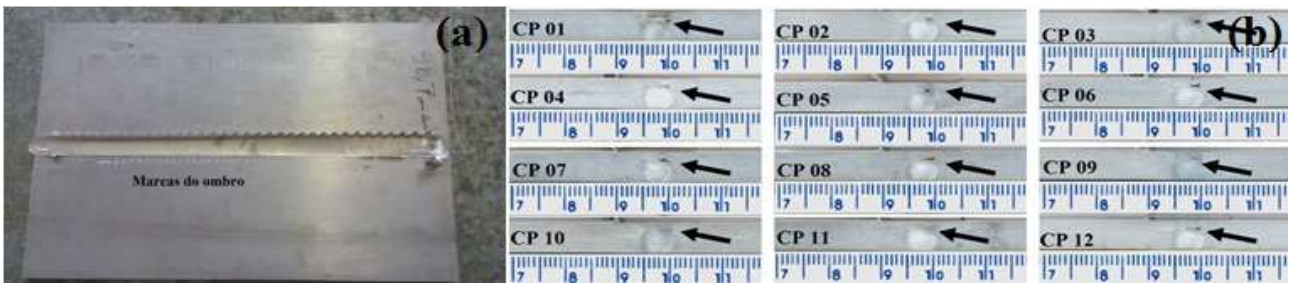


Figura 8. (a) Aspecto superficial e (b) macrografias.

3.8 Experimento F8

Para realização deste experimento a ferramenta de soldagem estava com diâmetro de ombro de 15 mm com chanfro na borda. A utilização de potência da máquina manteve-se constante do início ao fim da solda em 20%. A Fig. 9 (a) apresenta o aspecto superficial da solda obtida. A análise visual da solda apresenta bom aspecto, houve pouca formação de rebarba no cordão de solda devido à utilização de chanfro na borda da ferramenta. A raiz da solda foi completamente preenchida sem defeitos aparentes, evidenciando que a altura do pino e a folga entre o pino e o suporte foram bem dimensionadas. Na análise macrocráfica apresentada na Fig. 9 (b), pode-se perceber que a formação do *nugget* apresenta um formato diferente das demais soldas obtidas, com um perfil arrendondado. Houve pouca formação de rebarba devido à menor movimentação de material provocada pelo ombro da ferramenta, visto que este tem tamanho menor. Não houve formação de vazios internos e a raiz da solda foi completamente preenchida.

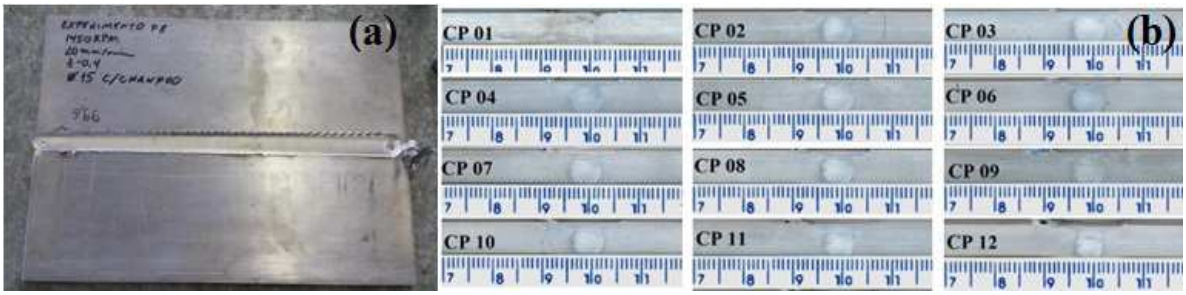


Figura 9. (a) Aspecto superficial e (b) macrografias.

4. CONCLUSÕES

A partir dos estudos realizados foi possível verificar que o processo FSW é uma solução promissora para a fabricação de estruturas de alumínio em vários setores da indústria. Apresenta grande potencialidade de utilização, além de benefícios, como por exemplo, economia de energia, soldas de elevada resistência mecânica e é uma técnica versátil que permite a união de materiais dissimilares. Também proporciona vantagens para o operador, que não é mais exposto aos riscos laborais, existentes nos processos tradicionais de soldagem do alumínio por fusão.

Em relação aos experimentos realizados é possível concluir que os parâmetros atribuídos ao processo e a geometria da ferramenta são os fatores que influenciam na qualidade da solda obtida, sendo possível aperfeiçoá-los para a obtenção de melhores resultados. Através da inspeção visual das soldas FSW avalia-se uma série de aspectos em conjunto tais como: quantidade e disposição da rebarba, cavidades e aspectos superficiais, porosidades, vazios e trincas, sendo uma fonte valiosa para o diagnóstico de diversos defeitos de soldagem e condições de processamento. Com esta avaliação foi possível verificar que as ferramentas contendo chanfro na borda do ombro visivelmente produziram soldas com menor quantidade de rebarba em relação às realizadas com ferramentas sem o chanfro. Com o ombro de 15 mm houve o surgimento de vazios e descontinuidades na superfície soldada.

A partir das macrografias foi possível verificar também que a diminuição dos diâmetros provocou o surgimento de vazios internos, que são os defeitos mais prejudiciais às propriedades mecânicas, e estão relacionados à força de forjamento do ombro.

Ainda, analisando os diferentes diâmetros de ombro utilizados, percebeu-se que diâmetros maiores exigiram maior capacidade de potência da máquina.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ISO 25239:2011. Friction Stir Welding – Aluminium. *International Standard Organization.* Suisse, Geneva, 15 dec. 2011.

Kim, Y. G; Fuji H.; Tsumura, T.; Komozaki, T.; Nakata, K.; Three Defect Types in Friction Stir Welding of Aluminium die Casting Alloy. *Materials Science and Engineering*, USA, vol. 415, p 250-254, 2006.

Kumar, K. e Kailas; S. V. On the Role of Axial Load and Effect on Interface Position on the Tensile Strength of a Friction Stir Welded Aluminium Alloy. *Materials Science and Engineering.* USA, p. 367-374, 2007.

Mehta, M.; Arora, A.; De, A.; Debroy, T. Tool Geometry for Friction Stir Welding - Optimum Shoulder Diameter. *Metallurgical and Materials Transactions,* p. 2716-2742, 2011.

Mishra, R. S. e Murray, W. M. *Friction Stir Welding and Processing***.** ASM International, 2007.

6. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

INFLUÊNCIA DA MICROESTRUTURA PRÉVIA NA CINÉTICA DE ESFEROIDIZAÇÃO DOS AÇOS SAE 1050H E SAE 5140 SUBMETIDOS A UM CICLO DE RECOZIMENTO SUBCRÍTICO

Gustavo de Oliveira de Antoni
Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Venâncio Aires - Avenida das Indústrias, 1865, Venâncio Aires - RS
gustavoantoni@ifsul.edu.br

Resumo. *Muitos componentes automotivos forjados são submetidos a processos de usinagem de desbaste e acabamento. Para processos como brochamento é comum a utilização de tratamentos térmicos de recozimento, e em alguns casos a dureza necessária é obtida apenas com ciclos de esferoidização, os quais são longos e de elevado custo. Neste trabalho foi feita a análise da influência de tratamentos térmicos prévios ao ciclo de esferoidização no resultado do ciclo. A análise foi feita para os aços SAE 1050H e SAE 5140. Os componentes forjados foram submetidos a dois tratamentos térmicos diferentes: Normalização e Têmpera, os quais junto com amostras sem tratamento foram submetidos a um ciclo de recozimento subcrítico. As amostras temperadas apresentaram uma microestrutura totalmente coalescida, ao passo que as demais apresentaram apenas a formação de perlita esboroada. Os resultados de ductilidade do ensaio de tração foram superiores nas amostras com processo de têmpera.*

Palavras-chave: *Tratamentos térmicos, recozimento, esferoidização.*

1. INTRODUÇÃO

Diversos componentes automotivos após forjados são submetidos a processos de usinagem e algum processo de acabamento. Em processos como brochamento e conificação a frio é muito comum a utilização de tratamentos térmicos de recozimento e em alguns casos a dureza necessária é obtida apenas com ciclos de esferoidização, os quais são longos e de elevado custo.

Visando principalmente a possibilidade de redução do tempo de esferodização, neste trabalho foi feita a análise da influência de tratamentos térmicos prévios ao ciclo de esferoidização e sua influência sobre o ciclo para os aços SAE 1050H e SAE 5140.

Os componentes forjados foram submetidos a dois tratamentos térmicos diferentes: Normalização e Têmpera, os quais juntamente com peças sem tratamento algum foram submetidos a um ciclo de recozimento subcrítico.

2. DESENVOLVIMENTO

Os tratamentos térmicos consistem em um ciclo de aquecimento e resfriamento com o objetivo de alterar a microestrutura de um material. Cada microestrutura possui um conjunto específico de propriedades mecânicas, assim, o profissional decide qual o tratamento térmico irá utilizar dependendo das propriedades mecânicas desejadas para uma peça ou material.

2.1 Esferoidização

A esferoidização é um tratamento térmico que visa melhorar a usinabilidade, ou a capacidade de deformação a frio dos aços. Neste tratamento, obtém-se grande ductilidade e baixo valor de dureza para um aço, pois ambas as propriedades estão associadas a uma microestrutura que consiste em pequenas partículas esféricas de carbonetos uniformemente dispersas em uma matriz de ferrita, como ilustra a Fig. 1. A microestrutura esferoidizada é uma das mais estáveis microestruturas encontradas nos aços e irá se formar a partir de qualquer microestrutura prévia, desde que o material seja aquecido a uma temperatura adequada e por tempo suficiente para que ocorra a difusão e se formem as partículas esféricas de carboneto (KRAUSS, 2005).

Elementos de liga formadores de carbonetos, como o cromo e o manganês, sob certo ponto de vista, aceleram o processo de esferoidização, pois estabilizam a cementita na austenita que se forma no tratamento em temperaturas acima de A1, impedindo que os carbonetos se dissolvam por completo na austenita. Estas partículas atuarão como núcleos para o crescimento dos carbonetos esféricos (SHKATOV, 1990).

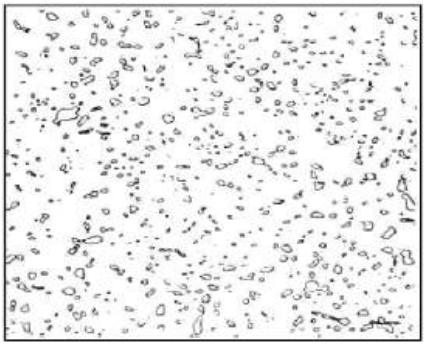


Figura 1 – Típica microestrutura de um aço esferoidizado. Aumento 1000 x.

2.2 Ciclo térmico de esferoidização

A microestrutura esferoidizada, como mencionado anteriormente, irá se formar a partir de qualquer microestrutura prévia desde que o material seja aquecido a uma temperatura adequada por um tempo suficiente para que ocorra a transformação. Sendo assim, o tratamento térmico de esferoidização possui diversos ciclos térmicos para execução. Como mencionado em literatura, o tratamento pode ser realizado com qualquer um dos ciclos térmicos mostrados na Fig. 2 (FAGUNDES, 2006).

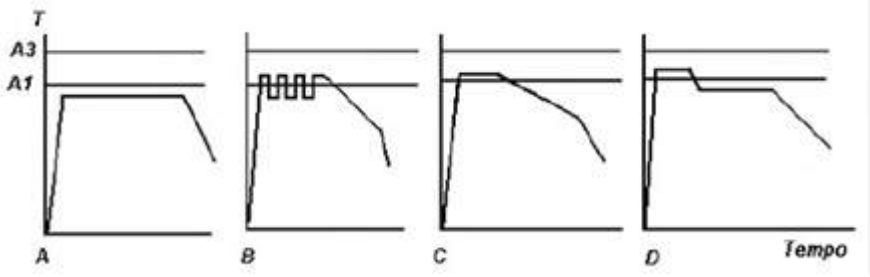


Figura 2 – Ciclos térmicos utilizados para o processo de esferoidização.

O ciclo A da Fig. 2 representa o recozimento subcrítico. Neste tratamento o aço é aquecido logo abaixo de A1 e permanece nesta temperatura por muito tempo. Apesar de este ciclo trabalhar em uma temperatura favorável para a difusão, os tempos de ciclo são muito longos, o que acaba limitando sua utilização, pois compromete prazos de entrega (GUERINO, 2006).

O ciclo B é o recozimento cíclico, o qual consiste em alternar a temperatura em torno de A1. No aquecimento ocorre a dissolução completa dos carbonetos mais finos e no resfriamento ocorre a precipitação destes sobre os núcleos de cementita que não se dissolveram. Desta forma há o coalescimento da cementita na forma de partículas esféricas (KRAUSS, 2005).

O ciclo C se baseia no resfriamento controlado. Neste ciclo o material é aquecido acima de A1, ou A3 para alguns casos, e permanece nesta temperatura por algum tempo. Após isto é resfriado muito lentamente, propiciando o coalescimento das partículas de cementita que não foram dissolvidas (GUERINO, 2006).

O último ciclo, D, é o recozimento isotérmico, o qual consiste em aquecer o material acima de A1 e manter nesta temperatura por algum tempo. Depois se resfria até uma temperatura abaixo de A1, mantendo-se nesta temperatura até o coalescimento da cementita (GUERINO, 2006).

2.3 Procedimento experimental

O componente analisado é fabricado com os aços SAE 1050H e SAE 5140. Os dois aços foram caracterizados pela avaliação da sua composição química através do uso de espectrômetro de centelhamento.

Para este estudo foram utilizados corpos de prova cilíndricos de diâmetro de 30 *mm* e comprimento de 90 *mm*.

Os corpos de prova foram obtidos direto do processo de fabricação nas condições:

A) Bruto de forjamento: Os corpos de prova foram extraídos de componentes forjados a 1200 °*C* e resfriados em caixa.

B) Após tratamento térmico de têmpera em água: Os corpos de prova foram extraídos de componentes que foram submetidos ao processo de têmpera em água. A temperatura de austenitização foi de 860 °*C* e o meio de têmpera aquecido a 50 °*C*.
C) Após tratamento térmico de normalização: Os corpos de prova foram extraídos de componentes que foram submetidos ao processo de normalização. A temperatura de austenitização foi de 880 °*C* e o resfriamento ao ar.

Os três tratamentos prévios foram avaliados através de ensaio metalográfico e ensaio de dureza.

De cada tratamento térmico foram extraídos 15 corpos de prova, totalizando 45 corpos de prova.

Todos os corpos de prova foram submetidos a um ciclo de recozimento subcrítico na temperatura de 650 °*C*.

O ciclo teve duração de 20 horas, e foram coletadas três amostras de cada condição a cada 4 horas de ciclo.

A cada retirada de amostras, estas foram analisadas através de ensaio de dureza. No último ciclo, além da avaliação de dureza, as amostras foram submetidas a análise metalográfica e ao ensaio de tração.

2.4 Análise de Resultados

Os resultados das análises de composição química dos aços SAE 1050H e SAE 5140H estão dispostos na Tab. 1 e na Tab. 2.

Tabela 1 – Composição química média verificada em 3 amostra do aço SAE 1050H

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Ni	%Mo	%Fe
0,51	0,22	0,73	0,02	0,01	0,13	0,10	0,05	Bal.

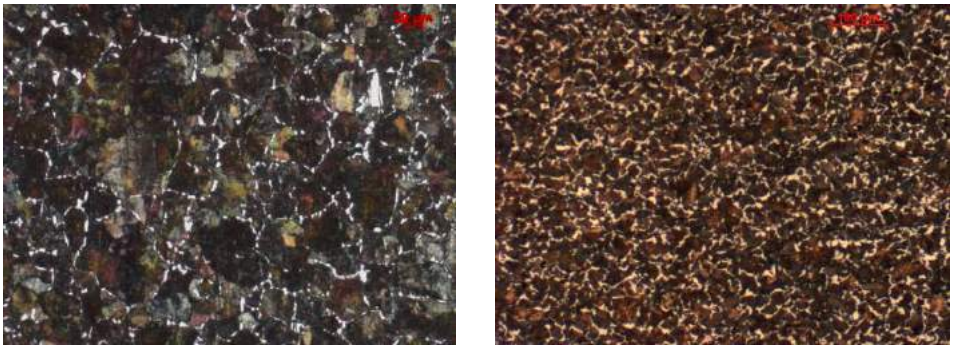
Tabela 2: Composição química média verificada em 3 amostra do aço 5140

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Ni	%Mo	%Fe
0,42	0,25	0,73	0,03	0,02	0,77	0,14	0,06	Bal.

Pode ser verificado que a composição do SAE 1050H caracteriza este material como um aço comum de médio carbono, pois a presença de elementos de liga é muito pequena e sua contribuição para o incremento de propriedades mecânicas pode ser considerada insignificante.

Para o SAE 5140 pode ser verificado que a composição química o caracteriza como um aço baixa liga, uma vez que o elemento de liga majoritário é o Cromo, e sua representatividade é inferior a 1% em massa.

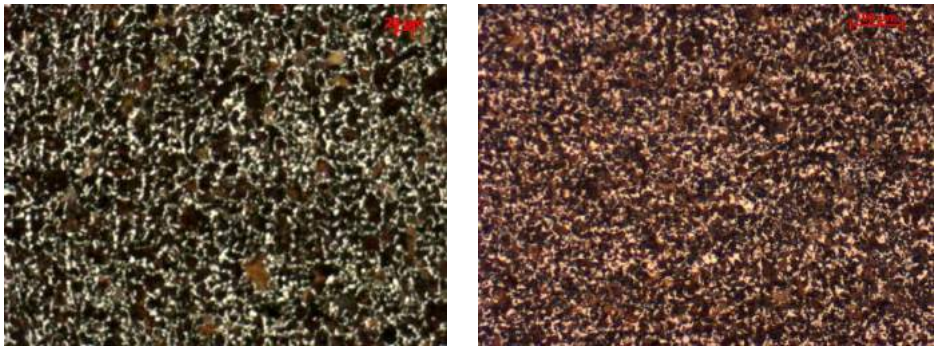
Os resultados da análise metalográfica das amostras na condição bruta de forjamento podem ser vistos na Figura 1.



(a) (b)

Figura 1 – Componente bruto de forjamento. (a) SAE 1050H (b) SAE 5140. Microestrutura grosseira formada por perlita e ferrita. (a) Aumento 200x (b) Aumento 100x. Ataque Nital 4%.

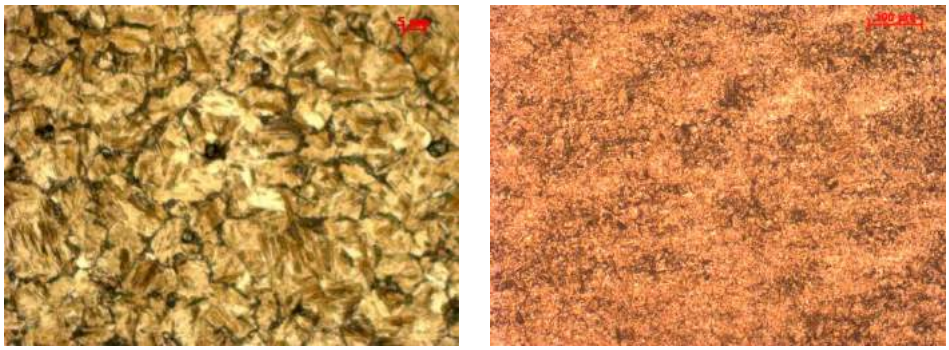
A análise metalográfica das amostras submetidas ao processo de Normalização podem ser observadas Figura 2.



(a) (b)

Figura 2 – Peças normalizadas. (a) SAE 1050H (b) SAE 5140. Microestrutura formada por perlita fina e ferrita refinada. Aumento 100x. Ataque Nital 4%.

A microestrutura obtida através do processo de têmpera pode ser observada na Figura 3.



(a) (b)

Figura 3 – Peças temperadas. (a) SAE 1050H (b) SAE 5140. Microestrutura formada por martensita. Aumento (a) 500x e (b) 100x. Ataque Nital 4%.

2.5 Resultados e discussões

A cada 4 horas do ciclo de recozimento, as amostras foram submetidas a um ensaio de dureza Brinnel e o resultado pode ser verificado na Tab. 3 e na Tab. 4.

Tabela 3 – Resultados de dureza do SAE 1050H.

	Tempo de ciclo x Dureza [HB]					
Condição	Inicial	4 horas	8 horas	12 horas	16 horas	20 horas
Sem TT	235	218	209	205	203	199
Normalizada	240	220	208	199	195	194
Temperada	535	258	217	202	190	185

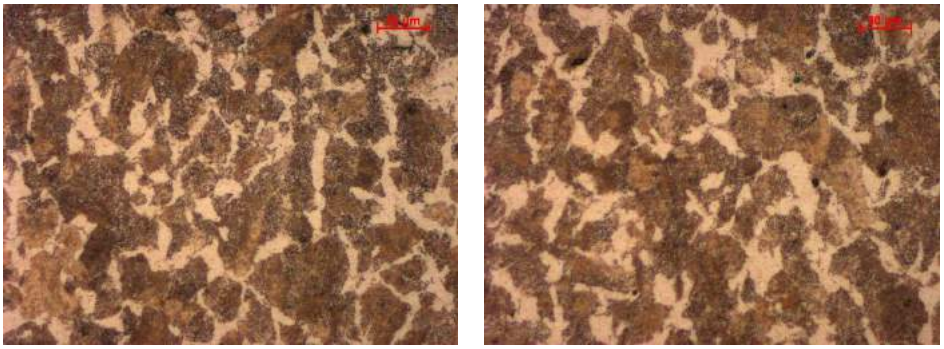
Tabela 4 – Resultados de dureza do SAE 5140.

	Tempo de ciclo x Dureza [HB]					
Condição	Inicial	4 horas	8 horas	12 horas	16 horas	20 horas
Sem TT	227	216	214	209	200	198
Normalizada	210	202	202	201	198	195
Temperada	553	262	241	226	212	207

Pode-se avaliar que para ambos os aços existe uma elevada taxa de redução de dureza para a microestrutura prévia martensítica. Além disto, pode-se notar que, independente da microestrutura prévia, tempos de ciclo superiores a 12 horas são ineficientes, pois não contribuem de forma significativa para a redução da dureza, representando custo desnecessário ao processo de fabricação.

Após as 20 horas de recozimento, as peças foram submetidas a um ensaio metalográfico para identificar a microestrutura formada no ciclo.

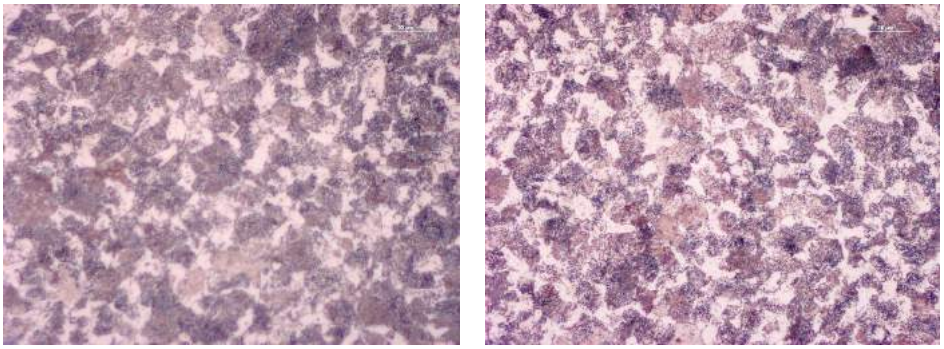
A Figura 7 mostra o resultado obtido para a peça sem tratamento térmico.



(a) (b)

Figura 7 – Peças sem tratamento térmico. (a) SAE 1050H (b) SAE 5140. Microestrutura grosseira formada por perlita esboroada e ferrita. Aumento 100x. Ataque Nital 4%.

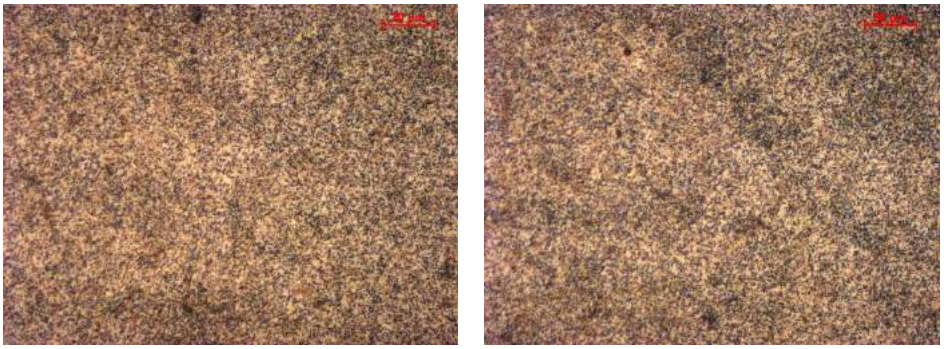
As peças normalizadas que foram submetidas ao mesmo ciclo e apresentaram o resultado mostrado na Fig. 8.



(a) (b)

Figura 8 – Peças normalizadas. (a) SAE 1050H (b) SAE 5140. Microestrutura formada por perlita fina esboroada e ferrita. Aumento 500x. Ataque Nital 4%.

A terceira condição – peças temperadas – apresentou o resultado que pode ser visto na Fig. 9.



(a) (b)

Figura 9 – Peças temperadas. (a) SAE 1050H (b) SAE 5140. Microestrutura formada por matriz ferrítica com carbonetos esféricos homogeneamente dispersos. Aumento 500x. Ataque Nital 4%.

A análise metalográfica mostra que a microestrutura martensítica submetida ao ciclo de recozimento subcrítico se decompõe em uma microestrutura formada por carbonetos dispersos em uma matriz ferrítica.

Os resultados dos ensaios de tração após 20 horas de ciclo podem ser verificados nas Tabela 5 e na Tabela 6.

Tabela 5 – Resultados dos Ensaios de Tração do SAE 1050H após 20h de ciclo.

	Condição	Sem TT	Normalizada	Temperada
1050H	Rm [MPa]	636	605	652
	Re [MPa]	365	389	523
	A (%)	17	19	19
	Z (%)	44	52	54

Tabela 6 – Resultados dos Ensaios de Tração do SAE 5140 após 20h de ciclo.

	Condição	Sem TT	Normalizada	Temperada
5140	Rm [MPa]	678	655	711
	Re [MPa]	399	386	577
	A (%)	19	22	21
	Z (%)	48	55	57

Pode-se notar que nos dois materiais utilizados as amostras com estrutura prévia constituída de martensita apresentaram resultados de Limite de Resistência ao Escoamento (Re) e Limite de Resistência Máxima (Rm) superiores as duas outras estruturas prévias. Em contrapartida, as mesmas amostram apresentaram resultados de estricção (Z) superiores as demais condições, evidenciando a ductilidade da estrutura formada após o tratamento térmico.

2.6 Conclusões

Em virtude do que foi avaliado neste trabalho verificou-se que a microestrutura prévia apresenta grande influência na cinética de esferoidização dos aços SAE 1050H e SAE 5140 submetidos ao ciclo térmico de recozimento subcrítico. Isto pode ser verificado devido a divergência microestrutural apresentada pelos componentes submetidos ao ciclo prévio de têmpera em relação aos demais. Apesar da diferença de durezas não ter se mostrado de forma expressiva, a qualidade microestrutural quanto ao nível de esferoidização se mostrou muito distinta entre as condições propostas. Ciclos de recozimento subcrítico não devem ter seu tempo de ciclo superior a 12 horas uma vez que a partir deste tempo não há redução significativa de dureza do material.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FAGUNDES, E. J. Análise da Influência do Ciclo de Recozimento de Esferoidização nas Propriedades Mecânicas do Aço SAE 1050. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte : UFMG, 2006.

GUERINO, K. B. OTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS NO COOLING CONVEYOR – LAMINAÇÃO – PARA OBTENÇÃO DE PRÉ-ESTRUTURA FAVORÁVEL A ESFEROIDIZAÇÃO NO SAE 52100. Trabalho de Diplomação. Porto Alegre : UFRGS, 2006.

GUPTA, N; SEN, S. K. Spheroidisation Treatment for Steels. Defence Science Journal. Defence Science Journal. Vol. 56. 2006.

KRAUSS, G. Steels: Processing, Structure, and Performance. s.l. : ASM International, 2005.

KWIETNIEWSKI, C. E. F. Tratamentos Térmicos de Materiais Ferrosos - Notas de Aula. Porto Alegre : UFRGS, 2007.

SHKATOV, et al. Kinectics of Pearlite Spheroidization in Carbon Steel. Physics of Metals and Metallography. s.l. : Lipetsk Polytechnical Institute (USSR), 1990. Vol. 70.

OCHI, et al. A study of spheroidising mechanism of cementite in annealing of medium carbon steel. 33rd MWSP Conference Proceedings. s.l. : ISS AIME, 1992.

4. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO PARA UMA CASA MODULADA

Hectory Alexandre Kalinoski, hectorykalinoski@hotmail.com
Cristiano Vitorino da Silva, cristiano@uricer.edu.br
Departamento de Engenharia e Ciência da Computação – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus de Erechim. Av. Sete de Setembro, 1621, Cep 99700-000, Erechim, RS, Brasil.

Resumo. *Neste trabalho foi realizado o levantamento da carga térmica de uma edificação construída em Light Steel Frame para o dimensionamento do protótipo de um trocador de calor para o aproveitamento do diferencial de temperatura do subsolo, que se mantém na temperatura média anual a aproximadamente 3 metros de profundidade. Juntamente, foi projetado o resfriador de ar para climatizar a casa, bem como os dutos de distribuição do ar. Em paralelo foi feito o dimensionamento de um sistema convencional, Split, para servir como parâmetro da análise econômica. Simulações computacionais em CFD adotando-se a técnica de volumes finitos através do software Ansys CFX, mostraram que o trocador de calor necessita de uma análise mais detalhada, em função da saturação do solo. As simulações em CFD validaram o dimensionamento dos dutos de ar. Foi proposto um sistema misto, considerando o sistema Split em série com o sistema geotérmico, que resultou em 23% de economia quando comparado a um sistema convencional só com Split. A economia energética obtida é equivalente a R$ 21.522,24 por ano considerando-se o funcionamento por 10 horas diárias.*

Keywords: *Light Steel Frame, Climatização, CFD, Sistema Geotérmico, Sistema Split.*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de conforto térmico dentro das edificações, somada à necessidade de economia energética, tem feito com que projetistas, arquitetos e engenheiros, utilizem cada vez mais soluções passivas ou de baixo consumo energético no controle de temperatura dos ambientes. Busca-se, dessa forma, cumprir um dos requisitos para edificações mais sustentáveis, tanto do ponto de vista de sua concepção e construção, visto que o sucesso no uso dessa tecnologia parte de uma iniciativa de projeto, quanto de seu uso cotidiano, que atenda às necessidades do homem de forma menos agressiva ao meio ambiente, permitindo a manutenção dos recursos naturais (ALVES, 2014).

Esta necessidade por conforto térmico vem fundamentada por questões fisiológicas do bem-estar do homem, influenciando no seu desempenho intelectual, manual e cognitivo na realização das tarefas diárias, assim como no seu bem-estar nas horas de descanso (VAZ, 2011). Ainda, segundo a ASHRAE (2005), um sistema de ar condicionado é o processo de tratamento do ar de modo a controlar simultaneamente a temperatura, a umidade, a pureza e a distribuição para atender às necessidades do recinto condicionado.

Com climas rigorosos, se faz necessário o uso de soluções de climatização artificial auxiliares ou complementares para atingir o conforto térmico, como é caso dos sistemas de ar condicionados, splits, sistemas *chiller*, resfriadores evaporativos e outros dispositivos HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*).

Neste contexto, no presente trabalho foram estudados os sistemas de climatização por dutos subterrâneos, uma estratégia de baixo consumo energético, que aproveita o diferencial de temperatura no subsolo para contribuir com a climatização de ambientes, onde a Fig. 1 mostra esquematicamente este sistema.

Tendo em vista que a região da crosta terrestre imediatamente próxima da superfície sofre uma perturbação periódica, correspondendo ao clima. Este efeito predomina de forma perceptível acima de três metros de profundidade, sendo esta a profundidade em que se considera o solo uma fonte de calor a temperatura aproximadamente constante e igual à média anual da temperatura atmosférica no local (SILVA e BRESCANSIN, 2015). Segundo Climate (2017), a temperatura média anual na cidade de Erechim no RS é de 17,7ºC, o que indica ser uma boa região para o sistema de troca de calor com o subsolo.

2. MODELAGEM DO PROBLEMA

Casas pré-moldadas, pré-fabricadas ou moduladas em *Light Steel Frame*, se constituem por um processo de construção em que as seções de módulos da edificação são fabricadas em um local remoto para, em seguida, serem

transportadas para o canteiro de obras. A casa modulada, aqui denominada Brashouse, foi desenvolvida pela equipe da MMLT Arquitetura e Urbanismo em parceria com a empresa Brastelha, situada em Erechim, RS. Considera-se que o protótipo esteja localizado no Campus II da URI Erechim, RS 331, n. 345, Bairro Demoliner.

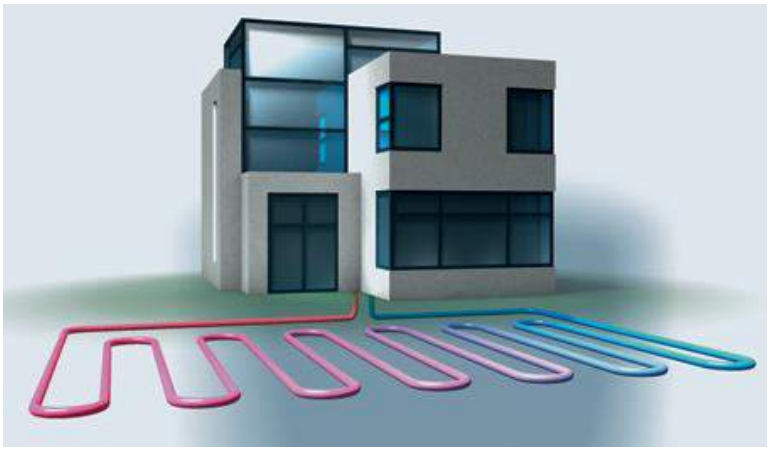


Figura 1. Esquema de um sistema de climatização geotérmico.

Carga térmica é a quantidade de calor sensível e latente que deve ser retirada ou colocada no recinto, a fim de proporcionar as condições de conforto desejadas. As cargas térmicas podem ser introduzidas no recinto a condicionar por: condução; insolação; pessoas; equipamentos; iluminação; infiltração e ventilação. Todos os cálculos foram baseados no livro de Instalações de Ar Condicionado de Creder (2004).

Para dimensionamento do sistema de ar condicionado é necessário considerar os dados como vazão e as condições do ar na entrada do trocador de calor de ar condicionado, juntamente com a carga térmica do ambiente a ser climatizado.

Tendo-se obtida a carga térmica da edificação, faz-se possível o dimensionamento do trocador de calor para que este atenda a demanda da climatização do ambiente. Sendo que estes foram calculados considerando que a água entra a temperatura de 21ºC, que seria a temperatura de saída da água do resfriador que também foi dimensionado. Para a distribuição do ar no interior da casa, foram dimensionados os dutos de insuflamento de ar com a metodologia de recuperação estática de pressão. Posteriormente foram dimensionados o ventilador e bomba hidráulica para casa sistema.

O modelo matemático levou em consideração as equações de Navier-Stokes e a conservação da energia. O modelo de turbulência utilizado neste trabalho foi o k-ω que é caracterizado por duas equações de transporte extras para representar as propriedades turbulentas do escoamento.

2.1 Malha computacional

As malhas foram geradas por meio do software ICEM CFD, com implementação de volumes de controle octaédricos. O tipo de malha utilizado foi octree e próximo as paredes foram implantadas camadas de volumes prismáticos a fim de calcular com maior precisão o efeito da camada limite dinâmica e térmica.

Para o trocador de calor geotérmico gerou-se uma malha constituída por $21x10^6$ volumes. Essa malha pode ser vista no detalhe da Fig. 2, da mesma forma, a malha dos dutos é composta por $17x10^4$.

(a) (b)

Figura 2. Detalhe da malha computacional do trocador de calor geotérmico (a) e dos dutos de insuflamento de ar (b).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

À carga térmica calculada foi adicionado 10% ao valor final da carga térmica, chegando a 16,09 kW no total, para que se tenha um coeficiente de segurança no dimensionamento do equipamento que fará a climatização do ambiente.

O sistema convencional de troca de calor, foi dimensionado um equipamento convencional capaz de realizar a climatização da casa. Esse equipamento foi dimensionado para comparação com um sistema geotérmico. Sendo que os principais dados do equipamento são apresentados a efetividade de 38% e a potência de 54,1 kW.

As dimensões calculadas para dutos de insuflamento de ar podem observadas na Tab. 1. O duto de retorno será posicionado exatamente abaixo do ventilador, ficando no banheiro social onde não terá perda de carga considerável. A boca do duto servirá também como acesso ao sistema de ventilação para eventuais manutenções.

Tabela 1. Dimensões dos dutos de insuflamento de ar.

Dutos	Largura [m]	Altura [m]	Comp. [m]	Perda de carga [mmH_2O]	Velocidade [m/s]	Vazão vol. [m^3/s]
Trecho 1	0,60	0,60	1,73	0,15	7,18	2,58
Trecho 2	0,50	0,46	2,74	0,28	6,85	1,58
Trecho 3	0,40	0,32	1,50	0,20	6,25	0,79
Trecho 4	0,40	0,32	1,50	0,20	6,25	0,79
Trecho 5	0,40	0,37	2,90	0,37	6,85	1,01
Trecho 6	0,20	0,15	2,40	0,60	6,15	0,18
Trecho 7	0,20	0,17	1,60	0,38	6,15	0,21
Trecho 8	0,35	0,29	3,40	0,38	6,15	0,62

A simulação dos dutos teve por objetivo validar o dimensionamento analítico. As variações de pressão em um plano horizontal obtidos das simulações, mostrado na Fig. 3

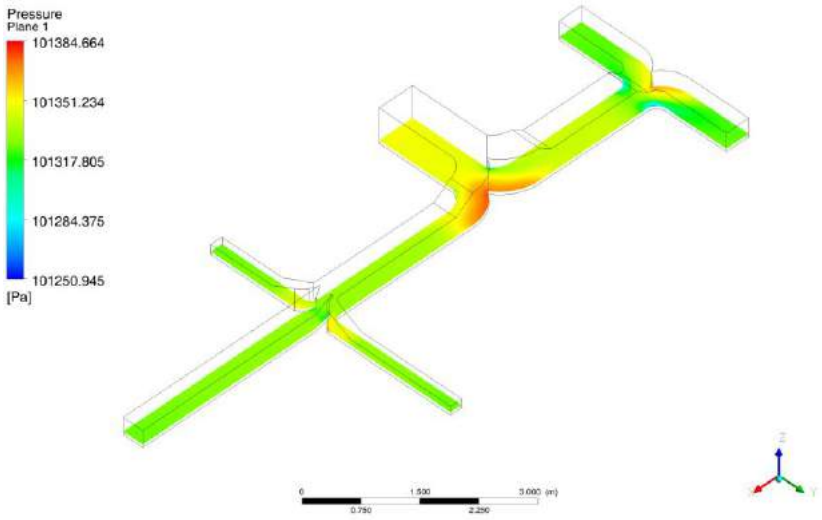


Figura 3. Campo de pressão no plano horizontal.

Para que o sistema fique completo, o ventilador que impulsiona o ar pelos dutos de distribuição foi dimensionado, necessitando de uma potência de 1,03 kW.

3.1 Sistema geotérmico de climatização

Com o modelo matemático usando o Método de Diferenças Logarítmicas de Temperaturas para dimensionamento do tocador de calor com subsolo e a metodologia de avaliação térmica por meio da psicrometria, não foi possível dimensionar um sistema puramente geotérmico, pois a temperatura da serpentina necessária para que a climatização da casa nas condições de operação é entorno de 11 a 12ºC. Esta temperatura é menor do que um sistema geotérmico ideal poderia atingir, sendo a temperatura do solo de 17,7ºC.

Com esse fato foi proposto um sistema misto em que o ar de recirculação que sai da casa para passar pela serpentina do climatizador convencional passaria primeiro pelo resfriador geotérmico, com objetivo de baixar a temperatura, necessitando de um sistema convencional de menor potência.

3.2 Sistema misto de climatização

No sistema misto proposto o ar da casa passa pelo resfriador geotérmico antes de passar pela serpentina do equipamento convencional, como esquematizado na Fig. 4. Considerando o funcionamento ideal do trocador de calor geotérmico, chegou-se a temperatura de 20,8ºC saindo do resfriador, ocasionando um novo ponto de mistura (ponto 3).

Com a carta psicrométrica, chegou-se a um equipamento de ar condicionado de 36,57 kW de potência e com efetividade de 57%.

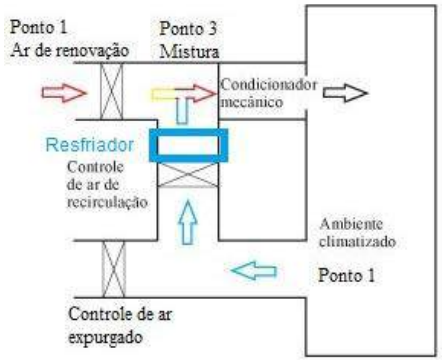


Figura 4 – Esquema de sistema de climatização misto.

3.3 Trocador geotérmico

Foi dimensionado o comprimento necessário para que o equipamento realize a troca de calor entre o solo e o ar necessária para atender a demanda da carga térmica da casa. Os principais dados são apresentados na Tab. 2.

Tabela 2. Dimensionamento do trocador de calor geotérmico.

Dutos	Valor	Unidade
Diâmetro externo	0,07	[m]
Diâmetro interno	0,05	[m]
Condutividade térmica do alumínio	237	[W/m·K]
Temperatura do solo	17,5	[ºC]
Condutividade térmica do solo	0,8	[W/mK]
Temperatura de entrada da água	21	[ºC]
Temperatura de saída da água	19	[ºC]
Vazão mássica	1,85	[kg/s]
Quantidade de tubos	20	tubos
Comprimento por tubo	332,85	[m]
Comprimento total	6657	[m]

Com as simulações do trocador geotérmico, que tem o gradiente de temperaturas apresentado no comprimento dos tubos e no plano transversal na Fig. 5. Verificou-se que o sistema não resfria a água até a temperatura desejada. Sendo que é preciso que a água saia a 19ºC, e com a simulação verificou-se que a temperatura de saída é de 20,14ºC retirado 43% da temperatura.

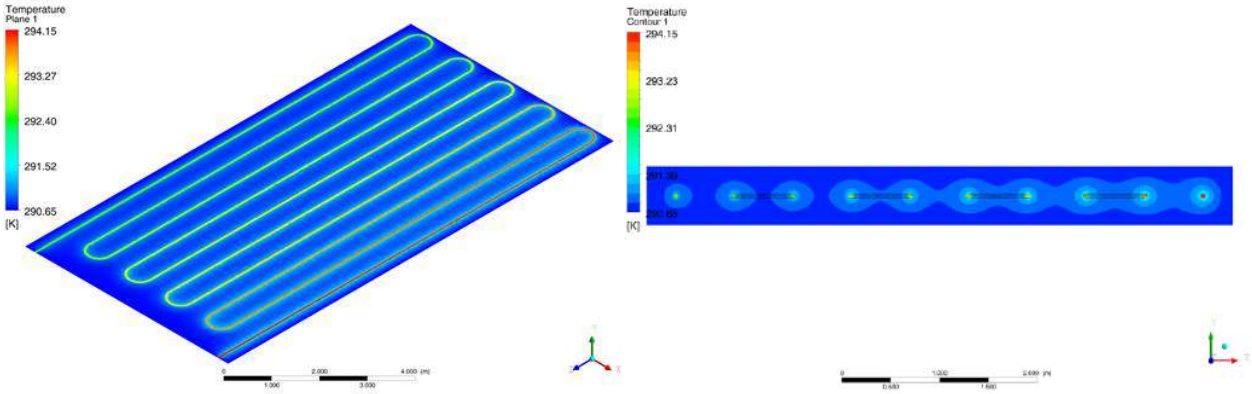


Figura 5. Campo de temperatura no comprimento dos tubos (imagem esquerda) e no plano transversal (imagem direita).

3.4 Resfriador

As dimensões obtidas para o equipamento estão apresentadas na Tab. 3.

Tabela 3. Dimensionamento do trocador de calor.

Variável	**Valor**	**Unidades**
Comprimento tubulação	572,3	[m]
Comprimento do resfriador	0,6	[m]
Altura do resfriador	0,6	[m]
Número de tubos na transversal	40	tubos
Número de tubos na longitudinal	23	tubos
Passo transversal	0,015	[m]
Passo longitudinal	0,015	[m]
Número total de tubos	920	tubos

Com a adição do resfriador no sistema, foi preciso um ventilador mais potente para vencer a perda de carga do ar. Após dimensionado, chagou-se a uma potência necessária de 3,60 kW. Também foi preciso dimensionar uma bomba para impulsionar água por meio dos dutos do sistema, sendo que este tem 68 mca (metros de coluna de água) de perda de carga equivalente e 6,7 m³/h de vazão volumétrica. O sistema de pressurização da fabricante Schneider selecionado foi o VFD-VME 5630, tendo 3 cv de potência equivalendo a 2,21 kW

3.5 Análise energética

Após todos os dimensionamentos realizados pode se fazer a comparação da viabilidade de um sistema misto comparado com um sistema convencional. Por meio da Tab. 4, pode se verificar o somatório das potências de cada um dos componentes de cada sistema. Comparando os valores totais encontrados, nota-se que o sistema misto reduz o consumo total de 55,1 kW para 42,38 kW, ou seja, uma redução de 23%, o que pode ser considerada boa uma economia a longo prazo, já que o equipamento está previsto para operar 24 horas ao dia.

Tabela 4. Somatórios de potências dos sistemas

Equipamento	Sistema convencional	Sistema misto	Unidade
Ar condicionado	54,08	36,57	[kW]
Ventilador	1,03	3,60	[kW]
Bomba	--	2,21	[kW]
Total:	**55,10**	**42,38**	**[kW]**

4. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do presente trabalho verificou-se que o sistema somente geotérmico não é capaz de atender a climatização da casa devido a limitação de temperatura do solo encontrada na região de Erechim. Também, o

dimensionamento analítico não é suficientemente exato para o sistema geotérmico, pois não levou em consideração o processo de saturação do solo, juntamente com a diminuição do gradiente de temperatura, o que causa a diminuição da troca térmica o que diminui a eficiência na troca de calor, necessitando que o trocador de calor seja ainda maior, para que realize as transferências térmicas necessárias.

Outro ponto negativo foi a dimensão dos tubos encontrada de 6,7 km, necessários, analiticamente, para que o sistema opere. De forma que teriam que ser maiores segundo o resultado das simulações. Este fato merece ser analisado mais profundamente, com relação a vazão tamanho de dutos e tipos de solo, para que se tenham resultados que melhor se adaptem ao sistema.

Por outro lado, os dutos foram dimensionados analiticamente e simulados, gerando resultados próximos, o que comprova a eficácia dessa metodologia adotada para o cálculo a análise. Sendo que os dutos dimensionados servem tanto para o sistema convencional como para o sistema misto.

Finalmente, pode se observar uma economia de cerca de 23% entre um sistema convencional HVAC e um sistema misto HVAC mais Geotérmico, onde se resfria o ar de retorno da edificação. Essa informação mostra que mesmo com a adição da bomba e do aumento da potência do ventilador, a contribuição do sistema geotérmico foi suficiente para ter economia considerável no consumo. Dessa forma, é válida a continuação de estudos que visem a utilização de sistemas geotérmicos, pois necessitam menor quantidade de energia para funcionar.

Para uma melhor visão dos resultados econômicos obtidos com o presente estudo, foi realizada a análise da economia monetária gerada, quando feita a comparação entre os dois sistemas. Considerando que esses sistemas funcionariam 10 horas por dia, considerando a utilização dos sistemas ligados completamente durante o período de luz solar e que o preço do kWh atual é de R$ 0,47, tem-se que a economia gerada, para um dia é de R$ 59,78, para um mês é de R$ 1.793,42 e para um ano é de R$ 21.522,24. Mostrando que a economia gerada tem um impacto significativo e positivo para o seu desenvolvimento e aplicação.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da MMLT Arquitetura e Urbanismo e da empresa Brastelha de Erechim pela concessão de todos os dados construtivos e de projeto que foram necessários aos autores.

6. REFERÊNCIAS

ALVES. A. B. M. Potencial de climatização por dutos subterrâneos segundo zona bioclimática, profundidade e tratamento da superfície do solo. 2014. 122 f. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, UFP, Curitiba, 2014.

ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS 2005 - cap. 35 - Duct Design American Society Of Heating, Refrigerating And Air Conditioning Engineers Inc. - 1791 tullie circle , n.e. atlanta ga 3032

CLIMATE-DATA.ORG. Disponível em: < http://pt.climate-data.org/location/43631/. Acesso em 05 de abril. 2017>.

SILVA, A. P. S.; BRESCANSIN, R. A. Projeto e Dimensionamento de Sistema de Climatização Comercial Utilizando Geotérmico. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, 2015

VAZ, J. Estudo experimental e numérico sobre o uso do Solo como reservatório de energia para o Aquecimento e resfriamento de ambientes Edificados. 2011. 237 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2011.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE EM CFD DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR NA CAMISA DE UM DIGESTOR DE VÍSCERAS

Laís Caroline Centenaro
Cristiano Vitorino da Silva
Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus de Erechim. Av. Sete de Setembro, 1621, Cep 99700-000, Erechim, RS, Brasil.
laiscentenaro@hotmail.com; cristiano@uricer.edu.br

Resumo. *O presente trabalho consiste de um estudo numérico computacional em CFD (Computational Fluid Dynamics) para uma análise em regime permanente do escoamento não isotérmico de vapor na camisa de um digestor de vísceras de 5000 litros. A modelagem numérica compreende as equações de conservação de massa, de quantidade de movimento e de energia, adotando-se as Médias de Reynolds (RANS - Reynolds Average Navier-Sotkes). O modelo k-ω é aplicado para modelar a turbulência no escoamento. Admite-se também a técnica de volumes finitos e utiliza-se o software de CFD Ansys CFX como plataforma de simulação. A partir das análises dos resultados foi possível observar que o vapor se encontra irregularmente distribuído na sua configuração atual de injeção do vapor. A maior adversidade está no tubo de abastecimento de vapor, o qual dispõe de velocidades elevadas, temperaturas, pressões e energia acumulada, sendo a vazão de vapor nesta região desproporcionalmente distribuída. A partir disto, certificou-se que as entradas e a disposição das entradas de vapor influenciam significativamente na distribuição do vapor na camisa e também no eixo do digestor, ou seja, a configuração do modelo atual, não alimenta de forma homogênea o entorno do equipamento, tornando deficitário o seu funcionamento e, assim, apontando para uma das causas do aumento no tempo de processamento e cozimento. Duas propostas de remodelagem da geometria de injeção foram propostas e avaliadas: uma modificando-se a inclinação dos tubos de entrada na camisa, outra duplicando os pontos de injeção. A partir dos resultados destas novas configurações, constatou-se que com pequenas modificações no remanejamento dos tubos, o vapor escoa facilmente para dentro da camisa, assim difundindo mais adequadamente o vapor, aumentando o coeficiente de transferência de calor junto a parede da camisa, indicando melhora na taxa de aquecimento.*

Palavras Chave: *Digestor de vísceras, Vapor, Escoamento, CFD, CFX.*

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial, surge também a necessidade do incremento da produção física relacionada a infraestrutura, energia e principalmente alimentos. Desta forma, os frigoríficos começaram a proliferar-se e a concorrência tornou-se fundamental (FERROLI, 1999). As fábricas de subprodutos de origem animal estão associadas aos frigoríficos com o intuito de converter os resíduos não aproveitáveis para alimentação humana em farinhas para nutrição de aves e também em óleo. As graxarias (fábricas de subprodutos) encontradas atualmente em frigoríficos são muito diferentes das que existiram no passado, todavia, os problemas ainda perduram. Apesar de várias pesquisas buscarem meios alternativos de aproveitamento dos resíduos dos abatedouros, as graxarias continuam sendo a alternativa mais acessível. De um modo geral, a maioria das fábricas de subproduto de origem animal necessitam urgentemente de investimentos, principalmente de máquinas para agilizar o processo, pois a capacidade de abate dos frigoríficos tem aumentado consideravelmente enquanto o setor de fabricação de farinha não acompanhou este crescimento (FERROLI, 1999).

Seguindo nesta linha, no presente trabalho busca-se realizar as simplificações necessárias sobre a geometria 3D de um digestor em escala real, juntamente com estudos de malha computacional, que serão realizados sobre a geometria do estado atual do equipamento e também em duas propostas de reconfiguração da geometria quanto a injeção do vapor na camisa a fim de verificar aumentos nas taxas de aquecimento do equipamento. Serão realizadas simulações do escoamento turbulento de vapor d'água na camisa do digestor por meio de análise estacionária, não considerando a condensação do vapor e o processo de cozimento dos subprodutos no interior do equipamento

2. MODELAGEM MATEMÁTICA

Para o desenvolvimento deste trabalho, faz-se necessária a modelagem de um escoamento monofásico, não reativo e não isotérmico, incompressível, turbulento a partir das equações de conservação de massa, de quantidade de movimento e de energia, além da modelagem da turbulência presente no escoamento do vapor. O estado monofásico será utilizado para obter dados iniciais do domínio em estudo, buscando-se um aumento nas taxas de aquecimento e diminuição no tempo de batelada para o processamento dos subprodutos. As equações de conservação de massa e de quantidade de movimento são expressas pelas equações de Navier-Stokes, definidas abaixo na notação de Eisten, onde i=j=1, 2, 3:

$$\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\rho \bar{u}_i\right) = 0 \tag{1}$$

e

$$\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\rho \bar{u}_i \bar{u}_j\right) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i}\delta_{ij} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\mu\left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3}\delta_{ij}\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i}\right)\right] + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(-\rho \overline{u'_i u'_j}\right) \tag{2}$$

onde u, v e w são as velocidades escalares nas direções x, y e z das coordenadas cartesianas, ρ é a massa específica em [kg/m^3], $\bar{u}_i$ é o vetor velocidade média na direção i em [m/s], $\bar{u}_j$ é o vetor velocidade média na direção j em [m/s] , $\bar{p}$ é a pressão termodinâmica média em [Pa], δ_{ij} é a função delta de Kronecker, μ é a viscosidade dinâmica do fluido em [N.s/m^2], $\overline{u'}_i$ é o vetor velocidade média flutuante na direção i em [m/s] e $\overline{u'}_j$ é o vetor velocidade média flutuante na direção j em [m/s].

Devido às flutuações turbulentas no vetor velocidade que geram um problema de fechamento, existem tensões adicionais a serem consideradas neste problema que, segundo Reynolds, podem ser resolvidas utilizando-se o conceito de viscosidade turbulenta, resolvendo o problema de fechamento do conjunto de equações. Assim, para um fluido Newtoniano, novamente na notação de Eisten:

$$-\rho \overline{u'_i u'_j} = \mu_t\left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j}\right) - \frac{2}{3}k\delta_{ij} \tag{3}$$

onde μ_t é a viscosidade turbulenta em [N.s/m^2], não sendo uma propriedade física do fluido, mas sim do escoamento e é uma média local do nível de turbulência, variando de ponto a ponto e de escoamento para escoamento, requerendo assim uma modelagem para sua determinação, sendo que k é a energia cinética turbulenta em [m^2/s^2]. Neste trabalho adota-se o modelo k-ω (WILCOX, 1988) para representar o efeito da turbulência e determinar o valor local de μ_t.

Considerando o transporte de energia devido à difusão e advecção no escoamento não isotérmico, para o regime permanente, já com as médias de RANS, a equação da conservação da energia pode ser escrita como, também se considerando a notação de Eisten:

$$\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\bar{\rho}\bar{U}\, j\, \bar{h}\right) = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\left(\frac{k}{c_p} + \frac{\mu_t}{\mathrm{Pr}_t}\right)\frac{\partial \bar{h}}{\partial x_j}\right) + \overline{S_h} \tag{4}$$

onde $\bar{U}_j$ é velocidade média na direção j em [m/s], $\bar{h}$ é a entalpia média em [kJ/kg], k é a condutividade térmica em [W/m.K], c_p é o calor específico em [kJ/kg], Pr_t é o número de Prandtl turbulento e $\overline{S_h}$ é o termo fonte do sumidouro de energia em [W/m^3].

O modelo de turbulência k-ω utilizado neste trabalho é caracterizado por duas equações de transporte extras para representar as propriedades turbulentas do escoamento. As equações para energia cinética turbulenta, k, e sua frequência turbulenta, ω em [1/s], podem ser obtidas por meio de (WILCOX, 1988):

$$\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\rho U_j k\right) = \left(\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial x_j}\right) + P_k - \beta' \rho k \omega \tag{5}$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\rho U_j \omega\right) = \left(\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\omega}\right)\frac{\partial \omega}{\partial x_j}\right) + \alpha\frac{\omega}{k}P_k - \beta\rho\omega^2 \tag{6}$$

onde β', β e α são constantes empíricas adimensionais do modelo de turbulência, nos valores de 0,09, 0,075 e 5/9, respectivamente; σ_k e σ_ω são as constantes adimensionais nos valores respectivos de 1 e 2 e U_j é a velocidade na direção j em [m/s] e U_i é a velocidade na direção i em [m/s]. Por fim, P_k é o termo que representa a taxa de produção de turbulência devido às forças viscosas em [kg/m.s³], o qual é obtido por (ANSYS, 2009):

$$P_k = \mu_t \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial U_i}{\partial x_j} . \quad (7)$$

3. MODELO FÍSICO E CONDIÇÕES DE CONTORNO

O digestor de vísceras abordado neste trabalho é um equipamento com capacidade de 5000 litros, sendo composto por um eixo de vapor central, casco com paredes externa e interna (camisa de vapor) e tubos de entrada de vapor. Como pode ser observado na Fig. 1. Na busca por otimização nas formas de injeção de vapor na camisa do digestor de vísceras, propõem-se duas modificações na configuração geométrica atual. Na primeira altera-se a inclinação dos dois primeiros tubos menores que injetam vapor para dentro da camisa de 90° para 45° (caso 2, Fig. 1); na segunda proposição duplica-se o tubo de entrada de vapor no eixo e na camisa, já com os tubos menores inclinados, colocando-o alinhado no lado oposto da camisa externa do digestor (caso 3, Fig. 1).Para as simulações computacionais, o digestor foi analisado em partes, sendo elas: eixo, camisa e um tubo de entrada de vapor, com as devidas condições de contorno.

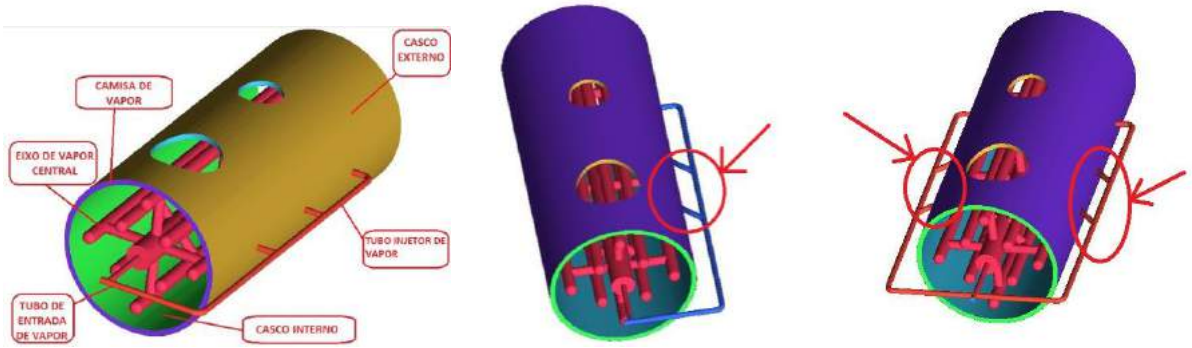


Figura 1 - Geometria do digestor de vísceras.

Para as simulações computacionais, observando as partes do digestor, as condições de contorno prescritas para elas, conforme Tab.1, que correspondem a temperaturas, tanto no eixo/tubo de entrada quanto na camisa, vazões e pressões de operação que são apresentadas na Tab. 4.2. O fluido utilizado no domínio é água (vapor) a 100 [°C], sendo um meio contínuo a uma pressão de a 1 [atm], com aceleração igual a 9,81 [m/s²]. As propriedades do fluido utilizado encontram-se na Tab. 4.3.

Tabela 1 - Especificação das condições de contorno.

Região	Tipo de condição de contorno
Paredes internas do digestor	Temp. prescrita e não deslizamento, com turbulência nula (*wall*)
Paredes externas do digestor	Fluxo convectivo e não deslizamento, com turbulência nula (*wall*)
Paredes externas do eixo	Temp. prescrita e não deslizamento, com turbulência nula (*wall*)
Tubo de injeção	Adiabático e não deslizamento, com turbulência nula
Saída	Pressão prescrita (*outlet*)
Entrada	Vazão mássica e temperatura constante (*Inlet*)

Tabela 2 - Valores para as condições de contorno.

Temperatura de entrada do vapor[°C]	151,11
Temperatura na superfície do eixo e camisa no interior do digestor[°C]	125
Vazão mássica de vapor na entrada [kg/s]	0,27
Pressão na saída [kPa]	490
Coeficiente de transferência de calor [W/m²K]	10
Temperatura ambiente [°C]	25
ω na entrada	Valores médios (CFX)
k na entrada	Valores médios (CFX)

Tabela 3 - Propriedades do fluido.

Massa Molar [kg/kmol]	18,02
Densidade [kg/m³]	0,59837
Calor Específico [J/kg.K]	2080,1
Viscosidade Dinâmica [N.s/m²]	1,227e-05
Condutividade Térmica [W/m.K]	0,0251

4. MODELAGEM NÚMERICA

Adota-se o método dos volumes finitos de Patankar (MALISKA, 2004) e a plataforma Ansys CFX para implementação da modelagem e solução das equações diferenciais referentes ao problema proposto. O critério de convergência adotado é o RMS - *Root Mean Square* sendo este inferior a 10^{-4} (ANSYS, 2009).

5. CONFIGURAÇÕES DE MALHA

A malha do digestor de vísceras, para as três configurações geométricas, foi gerada no ICEM CFD. A discretização do digestor foi realizada com a implementação de volumes tetraédricos e prismáticos sobre superfícies sólidas do domínio a fim de melhor prever o comportamento da camada limite do escoamento. O tipo de malha utilizado foi a *Delaunay*. O número de volumes de controle gerados na geometria original (caso 1), na geometria com o tubo maior com a inclinação dos tubos menores (caso 2) e na geometria com a duplicação do tubo maior já com a inclinação dos tubos menores (caso 3) são, respectivamente: 2.772.244 volumes, 2.772.477 volumes e 4.197.179 volumes. A malha pode ser melhor visualizada na Fig. 2. Em função de limitações computacionais não foi realizado teste de independência de malha para este estudo.

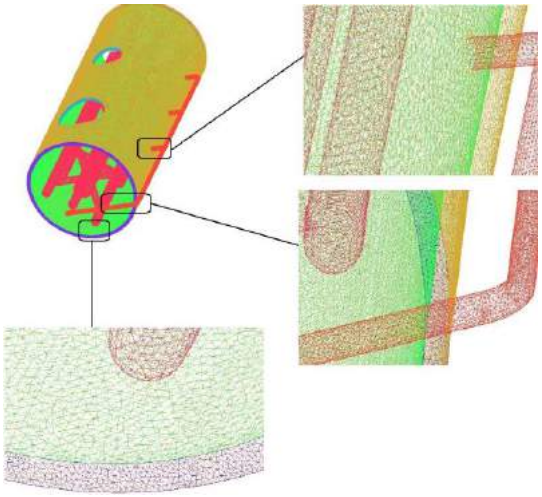


Figura 2 - Malha do digestor de vísceras gerada no software ICEM CFD.

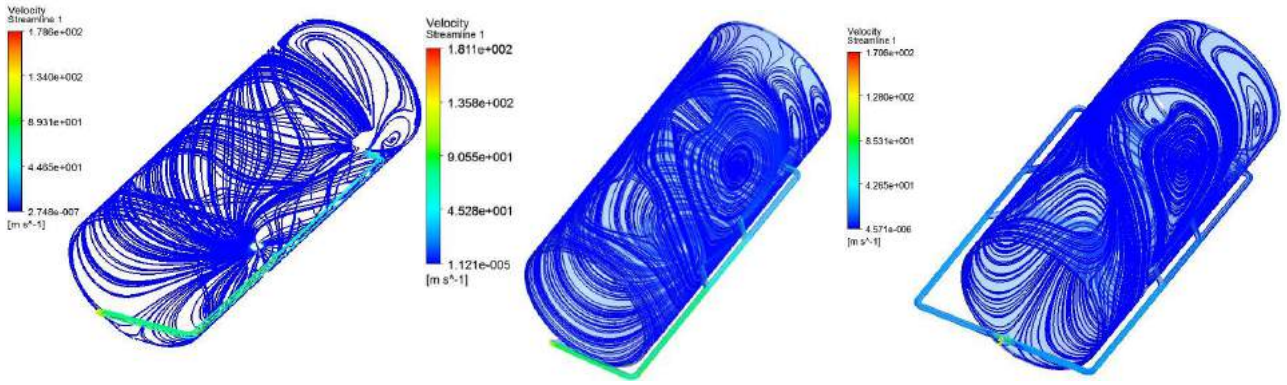
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este estudo se inicia analisado o estado atual do digestor, com sua geometria original (caso 1). Em seguida foram avaliadas e comparadas as duas novas configurações geométricas propostas para o digestor (caso 2 e caso 3). Nota-se, portanto, a partir da análise das Figs. 3, 4 e 5 que as maiores velocidades e temperaturas encontram-se no tubo de entrada de vapor, apontando para uma falha de dimensionamento deste tubo. Também pode-se perceber que as linhas de corrente (*StreamLines*) na Fig. 3 e os campos de vetores da Fig. 4 geram várias recirculações indicando dificuldades no escoamento o que pode prejudicar a transferência de calor para o caso atual (caso 1), se comparados aos casos 2 e 3 onde a mudança na forma de injeção ajuda a melhor uniformizar o escoamento na camisa. Da mesma forma, observando os campos de temperaturas (Fig. 5), constata-se que há um aumento significativo nas distribuições de temperatura para os casos 2 e 3, em relação ao caso 1, respectivamente. Isso apontaria que a atual injeção de vapor não favorece uma distribuição homogênea de vapor para o produto no interior do digestor e que com as duas propostas de modificação já é possível constatar visíveis melhoras na homogeneização de vapor. A fim de melhor quantificar o ganho relacionado a transferência de calor na camisa, pode ser verificado na Tab. 4 que apresenta o coeficiente médio de transferência de calor junto a parede para o eixo e para a camisa interna. Avaliando os resultados apresentados percebe-se que com a melhor distribuição do fluxo de vapor na camisa devido às modificações na entrada do vapor nesta camisa, tem-se um consequentemente aumento no coeficiente de convecção junto à parede interna da camisa, indicando assim um aumento das taxas de transferência de calor do vapor para as vísceras que se encontram na parte

interna do digestor (aqui não sendo levadas em consideração para as simulações, pois considerou-se apenas como condição de contorno na camisa adotando-se temperatura prescrita, temperatura de saturação para a pressão de operação do equipamento), mantendo-se praticamente inalterados os coeficientes de transferência de calor na parede interna do eixo. Portanto, através deste aumento, pode-se concluir que o tempo de bateladas diminuirá, aumentando a capacidade e rapidez na produção de farinha e óleo. Verifica-se que no caso 3 tem-se o maior ganho, cerca de 7% de aumento neste coeficiente na camisa interna, indicando ganho razoável em relação a modificação proposta.

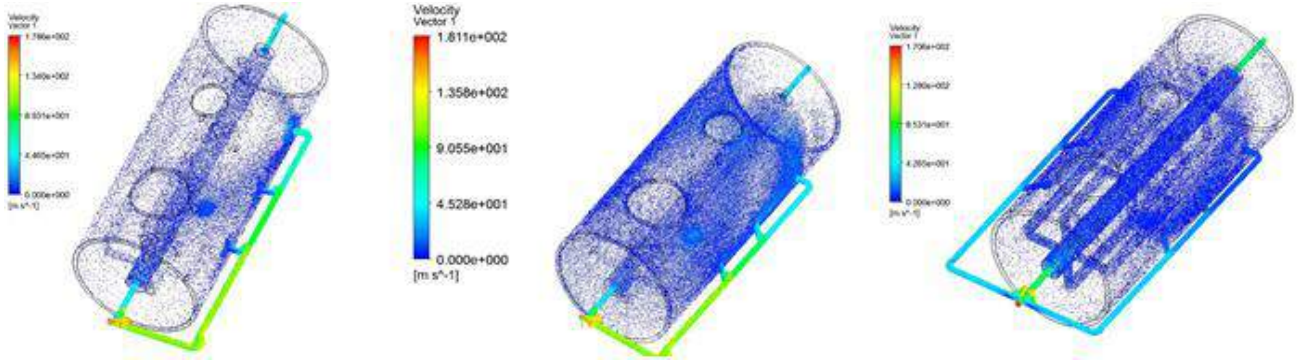
Sugere-se também que seja incorporada uma camada de isolante térmico na região de entrada de vapor pelo tubo de injeção, a fim de evitar perdas para o ambiente, já que neste local encontram-se as mais elevadas temperaturas.

Para melhor avaliar a transferência de calor na camisa interna do digestor, a fim de melhor comprar os ganhos pelas modificações propostas, faz-se necessária a implementação de uma modelagem para o subproduto no interior do digestor, avaliando-se assim as reais temperaturas na superfície da camisa, prevendo melhor os fluxos de calor.



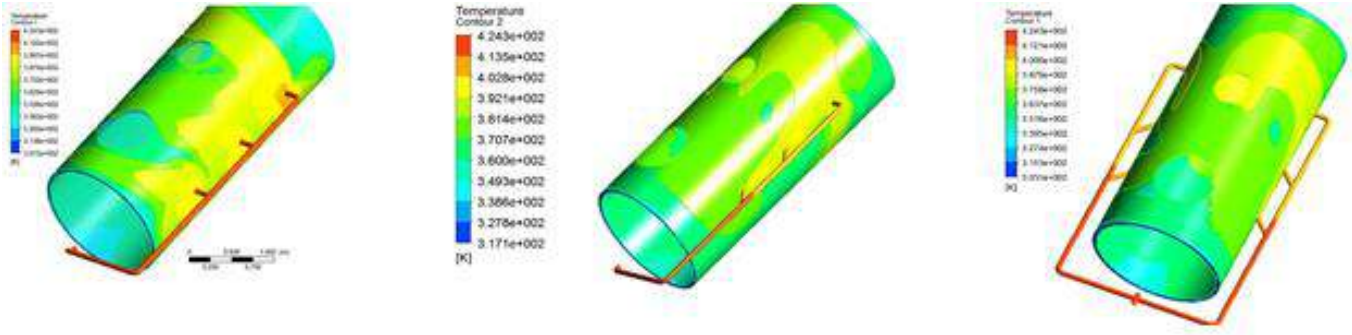
Caso 1 **Caso 2** **Caso 3**

Figura 3 – Comparativo das linhas de corrente.



Caso 1 **Caso 2** **Caso 3**

Figura 4 – Comparativo entre os campos de velocidades.



Caso 1 **Caso 2** **Caso 3**

Figura 5 - Comparativo dos campos de temperaturas.

Tabela 4 - Dados comparativos dos três casos em estudo.

	Coeficiente Médio de Transferência de Calor [W/m^2.K]			
Casos	Parede interna da camisa (A_s = 16,11 m^2)	Diferença relativa em relação ao caso atual (%)	Parede interna do eixo (A_s = 16,03 m^2)	Diferença relativa em relação ao caso atual (%)
Atual	224,7	0	256,1	0
Tubos Inclinados	231,1	+2,87	255,3	-0,31
Duplicação dos Tubos	239,7	+6,68	257,5	+0,54

7. CONCLUSÃO

Segundo os dados obtidos, os campos de maior velocidade, pressão e temperatura encontram-se no tubo que conduz o vapor para o eixo e para a camisa, onde há um escoamento não uniforme de vapor. Frente ao apresentado, tornou-se então, importante o estudo de um redimensionamento das formas de injeção de vapor. Assim sendo, foram propostas duas novas geometrias da forma de injeção de vapor na camisa. Com isso pode-se observar grandes melhoras no escoamento de vapor, abrangendo mais homogeneamente a dispersão de vapor na camisa. O primeiro caso, com a inclinação dos dois menores tubos, já apresentou melhores homogeneizações na distribuição de velocidades, pressão e temperaturas mais bem distribuídas. Contudo, com a segunda modificação proposta, onde se propôs a duplicação do tubo inclinado, notou-se que se aperfeiçoou ainda mais a distribuição nos campos de temperaturas e velocidades que, consequentemente, resultaria numa diminuição da taxa de condensação e diminuição do tempo de cozimento. Para ambos os casos, obteve-se um ganho em relação ao aumento do coeficiente médio de transferência de calor sobre a camisa interna do digestor, mantendo-se praticamente inalterados os valores deste coeficiente no eixo do equipamento. Deste modo, o caso que melhor se adaptaria para o digestor em estudo é o da duplicação do tubo inclinado, indicando um aumento na transferência de calor e uma diminuição no tempo das bateladas.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Prestatti® pelo fornecimento dos dados para que este trabalho pudesse acontecer.

9. REFERÊNCIAS

ANSYS, 2009. “Inc. User's guide - CFX Solver Theory”.

FERROLLI, Paulo Cesar Machado, 1999. “Balanceamento do sistema produtivo de farinhas e óleos: fábricas de subprodutos de origem animal”. Dissertação de mestrado, PPGEP-UFSC, Florianópolis.

MALISKA, C. R, 2004. “Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional”.2ª edição. Florianópolis: LTC.

WILCOX, D. C, 1988. “Reassessment of the scale-determining equation for advenced turbulence models”.AIAA Journal, v. 26, p. 1299-1310.

10. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste *paper*.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO NUMÉRICO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM FLUIDOS NÃO-NEWTONIANOS

Larissa Lopes Nunes
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Avenida Universidade das Missões, 464 – Universitário, Santo Ângelo – RS, 98802-470
larissalnunes@aluno.santoangelo.uri.br
Cleiton Elsner da Fonseca
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Avenida Universidade das Missões, 464 – Universitário, Santo Ângelo – RS, 98802-470
cfonseca@san.uri.br

Abstract. *Este estudo trata-se de uma pesquisa numérica através do método de volumes finitos de escoamentos de fluidos não-Newtonianos viscoplásticos com dependência da temperatura. Na modelagem utilizada nesta pesquisa, o modelo de Herschel-Bulkley clássico que apresenta uma equação constitutiva que descreve um comportamento viscoplástico dos materiais, é modificado para que a viscosidade sinta os efeitos de temperatura. A modelagem mecânica que descreve o escoamento estudado foi implementada na ferramenta ANSYS FLUENT, onde simulações de escoamentos de fluidos de Herschel-Bulkley modificado em torno de um cilindro confinado entre duas placas planas são definidos como o problema para testar a modelagem mecânica. Efeitos de convecção de calor e inércia são estudados para diferentes fluidos de Herschel-Bulkley dependentes da temperatura, onde serão apresentados os campos de temperaturas, viscosidade aparente, taxa de deformação e yielded/unyielded zones (zonas que escoam e zonas que não escoam) variando parâmetros de interesse do modelo.*

Keywords: *Fluido não-Newtoniano, modelo de Herschel-Bulkley, material viscoplástico*

1. INTRODUÇÃO

Muitos dos materiais de interesse industrial se comportam como fluidos não-Newtonianos. Dentre estes materiais podemos citar: petróleo, lamas de perfuração, condimentos alimentícios, tintas, etc. Estes fluidos têm como principal característica, uma viscosidade não-constante e variando com a taxa de deformação. Grande parte destes materiais podem ter suas viscosidades alteradas devido a uma transferência de calor. Na literatura existem alguns trabalhos que utilizam modelos que descrevem o comportamento reológico dos fluidos não-Newtonianos viscoplásticos dependentes da temperatura, tais como Nouar et al. (1998), que contestou as conclusões anteriores de Naimi et al. (1990), que subestimaram a importância das propriedades reológicas dependentes da temperatura no escoamento. Nesta atual pesquisa, a modelagem mecânica é formada pelas equações de balanço de massa e quantidade de movimento linear mais uma equação constitutiva de Herschel-Bulkley modificada para descrever, além dos efeitos de viscoplasticidade, influência do campo de temperaturas sobre a viscosidade do material. O conjunto de equações diferenciais complexas que formam a modelagem mecânica é resolvido pelo método de volumes finitos. O método de volumes finitos tem como objetivo transformar as equações de balanço diferenciais que descrevem o contínuo em equações algébricas discretizadas aplicadas a pequenas partições chamadas de volumes finitos. Esta metodologia está bem estabelecida em softwares comerciais como o ANSYS FLUENT, levando a escolha deste como ferramenta de solução para o problema pesquisado. O problema proposto para estudo é o escoamento de fluidos viscoplásticos de Herschel-Bulkley modificado em torno de um cilindro confinado entre duas placas planas.

2. METODOLOGIA

A Figura 1 ilustra o domínio computacional do problema estudado. O domínio computacional tem uma razão de aspecto, $\beta=h/R=4$, e uma distância entre as placas de $h=4R$. O canal de entrada é igual a $20R$, distância suficiente para que o escoamento se desenvolva, e um canal de saída de $40R$ sendo o comprimento suficiente para poder observar a transferência de calor por convecção.

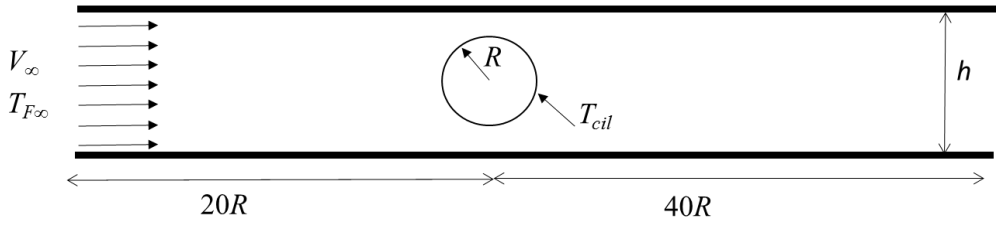


Figura 1. Descrição do problema

Como condições de contorno fluidodinâmicas considera-se velocidade prescrita na entrada do canal, condições de não deslizamento nas paredes do canal e em torno do cilindro e condições de fluxo livre na saída do canal. Para condições de contorno de energia foram aplicadas temperatura prescrita no fluido de entrada e em torno do cilindro, e paredes isoladas.

As variáveis adimensionais presentes no problema estudado são:

$$R_e = \frac{\rho V_\infty D}{\mu};\ P_r = \frac{\rho C_p}{k};\ x^* = \frac{x}{R};\ y^* = \frac{y}{R};\ T^* = \frac{T - T_{F\infty}}{T_{cil} - T_{F\infty}} \tag{1}$$

onde Re é o número admensional de Reynolds, ρ é a densidade, V_∞ é a velocidade do fluido não perturbado, μ é a viscosidade, x* é a posição em x adimensional, y* é a posição em y admensional, *k* é a condutividade térmica, C_p é o calor específico a pressão constante, o *R* é o raio, R_e é o número adimensional de Reynolds e o P_r é o número adimensional de Prandtl, *T* é a temperatura, $T_{F\infty}$ é a temperatura do fluido não perturbado pelo cilindro e T_{cil} é a temperatura na superfície do cilindro.

2.1 Equações governantes

Para escoamentos de fluidos viscoplásticos dependente da temperatura, a modelagem matemática empregada neste estudo constitui-se da equação de balanço de massa, a equação da conservação da quantidade de movimento linear para um fluido Newtoniano generalizado, e a equação de energia em termos da temperatura dadas respectivamente por:

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \tag{2}$$

$$\nabla \cdot (\rho \boldsymbol{u}\boldsymbol{u}) = -\nabla p + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{f} \tag{3}$$

$$\nabla \cdot (\boldsymbol{u}T) = \nabla \cdot (\alpha \nabla T) + S \tag{4}$$

onde **u** é o campo de velocidades, ρ é a massa específica, *p* é a pressão, **τ** é o tensor de forças viscosas, **f** é o tensor de forças de corpo, T é o campo de temperaturas, α é a difusividade térmica e S é a fonte de energia térmica.

A fim de prever o comportamento viscoplástico, foi empregado um modelo de Herschel-Bulkley modificado dependente da temperatura. O modelo original foi regularizado pelo método de Papanatasiou (1987).

$$\eta(\dot{\gamma}, T) = k(T)\dot{\gamma}^{n-1} + \frac{\tau_0(T)}{\dot{\gamma}}[1 - \exp(-m\dot{\gamma})] \tag{5}$$

onde *n* é o índice de *power-law*, k é a consistência do material dependente da temperatura definida abaixo:

$$k(T) = k_0 e^{-b(T - T_{ref})} \tag{6}$$

2.2 Modelagem Numérica

O método de volumes finitos tem como objetivo transformar as equações de balanço diferenciais da modelagem mecânica descrita pelas eq. (2)-(6) em equações algébricas discretizadas aplicadas a pequenas partições chamadas de volumes finitos. O domínio discretizado (malha), apresenta 11468 volumes quadriláteros não estruturados Fig. 2.

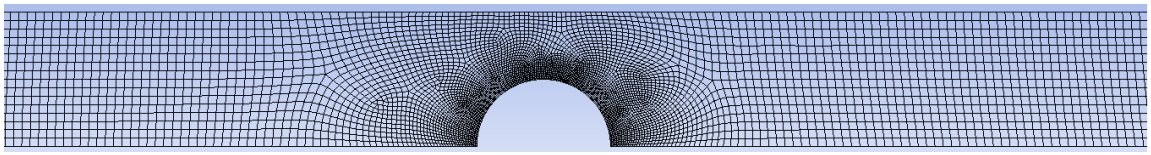


Figura 2. Domínio discretizado

Para a aproximação das velocidades nos termos advectivos utilizou-se o método upwind de segunda ordem.

O procedimento utilizado para o cálculo do campo de escoamento foi o SIMPLE (*semi-implicit method for pressure-linked equations*) de Patankar (1980).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todas as simulações foram feitas para um escoamento de um fluido não-Newtoniano de viscosidade adimensional, μ^*=1, com R_e= 1, Hb=10 e P_r=1 em torno de um cilindro com temperatura adimensional T_{cil}^*=1 e com temperatura do fluido não perturbada pelo cilindro $T_{F\infty}^*$=0.

Abaixo é apresentado o campo de temperaturas para *b*=0, *b*=1, *b*=5 e *b*=10. Pode-se observar que há uma mudança pequena no campo de temperaturas com a variação da constante b Fig. (3 (a)-(d)), esse resultado é esperado devido ao número de Reynolds baixo, o que representa uma transferência de calor predominantemente por difusão.

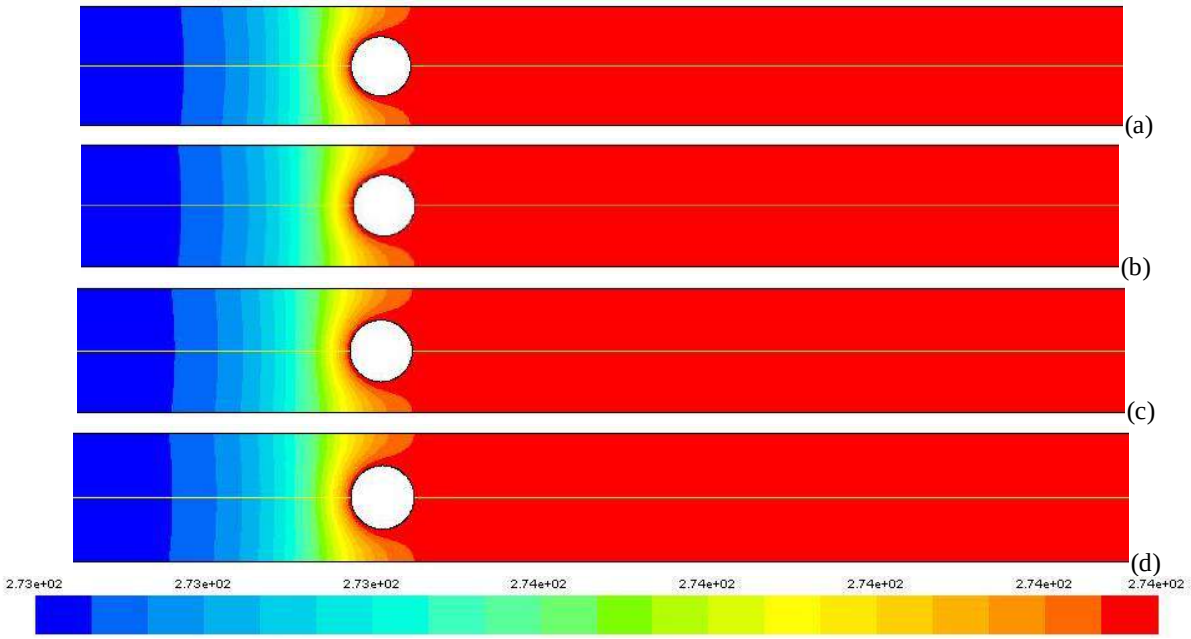
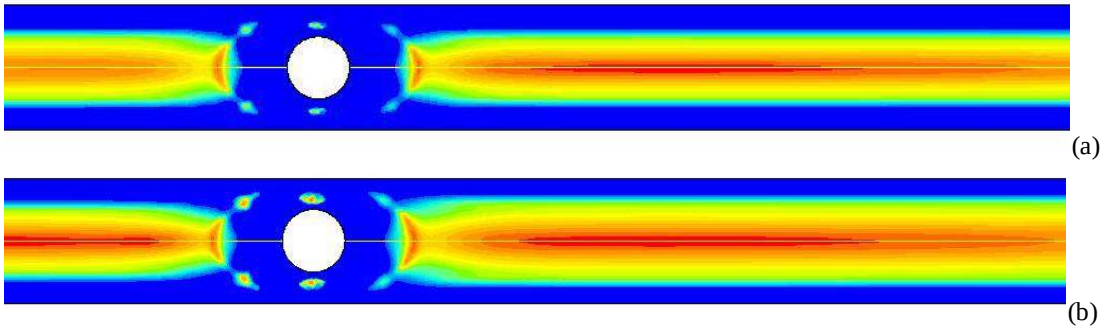


Figura 3. Campo de temperaturas para: (a) *b*=0; (b) *b*=1; (c) *b*=5 e (d) *b*=10

Na Figura 4 podemos observar, o campo de viscosidade para *b*=0, *b*=1, *b*=5 e *b*=10. Com o aumento do coeficiente b, pode-se observar uma grande variação no campo de viscosidades a montante do cilindro e uma variação suave a jusante do cilindro. Esse comportamento acontece devido a viscosidade ser afetada diretamente pelo campo de temperaturas, onde se observa um maior gradiente de temperaturas, uma maior variação da viscosidade é apresentada.



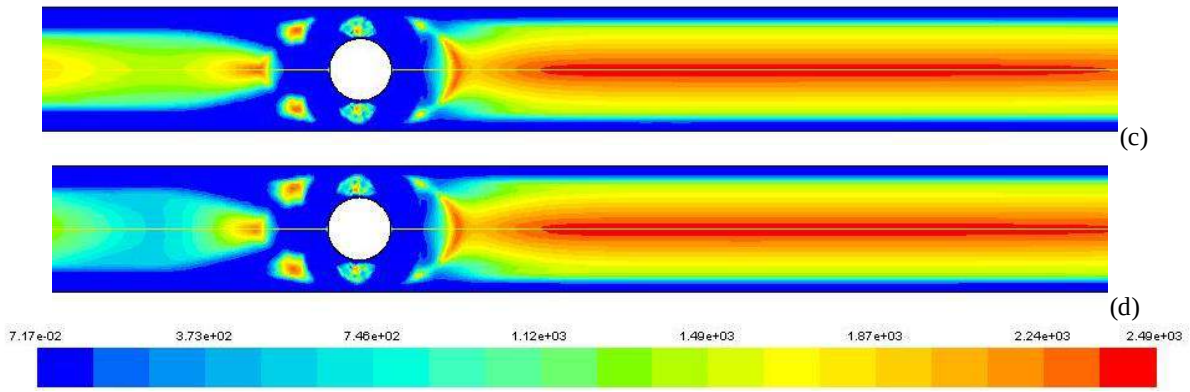


Figura 4. Campo de viscosidade para: (a) *b*=0; (b) *b*=1; (c) *b*=5 e (d) *b*=10

A seguir são apresentados os resultados preliminares para as regiões *yielded/unyielded* (zonas que escoam/não escoam).

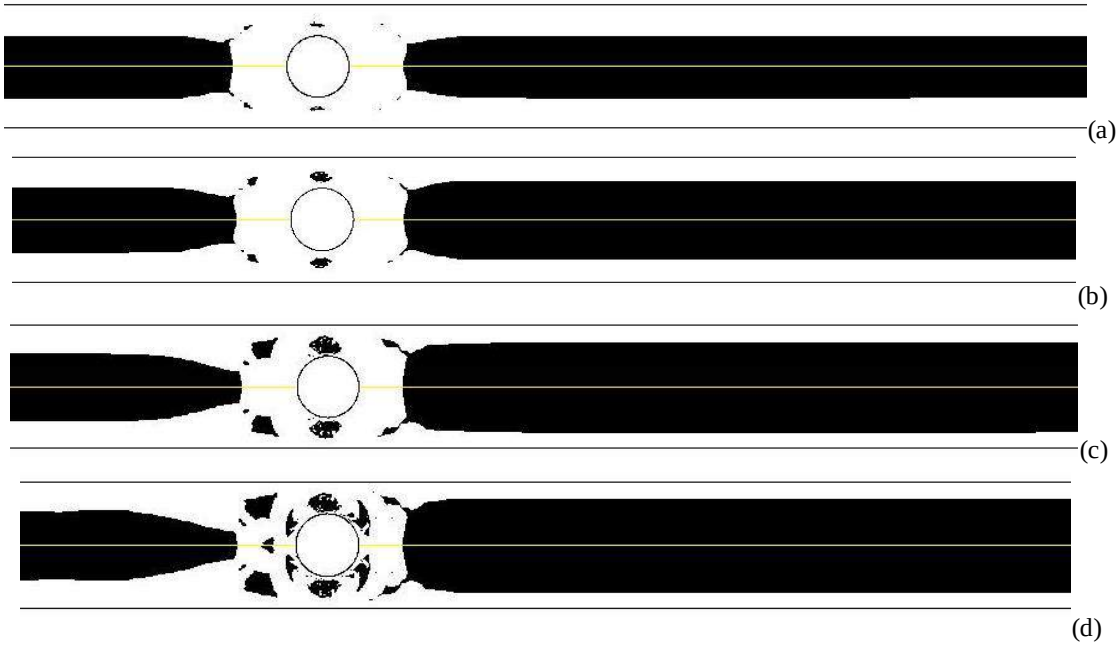


Figura 5. *yielded/unyielded zones* para: (a) *b*=0; (b) *b*=1; (c) *b*=5 e (d) *b*=10

Aonde ocorre maiores gradientes de temperaturas é onde existe maior mudanças nas zonas plastificadas (*unyielded zones*). Pode ser observado a montante do cilindro para todas as variações do coeficiente *b*. Percebe-se também que para materiais com maiores influencias da temperatura fig. (5 (c)-(d)) existem maiores mudanças em relação as zonas plastificadas.

4. CONCLUSÃO

O modelo mecânico empregado para descrever o comportamento de fluidos viscoplásticos de Herschel-Bulkley modificado pode prever a influência do campo de temperaturas e campo de taxas de deformação sobre a viscosidade aparente, assim como os efeitos de inércia sobre a transferência de calor. Podemos analisar que onde existem maiores variações no campo de temperaturas, existe uma maior alteração no campo de viscosidades, podemos verificar também que há influência sobre as *yielded/unyielded zones*.

5. REFERENCIAS

Ansys inc. " Fluent 17.1 User guide".

Chaabra R. P., and Richardson J. F., 2008. "Non-Newtonian Flow and Applied Rheology", Elsevier.

Fox R. W., McDonald A. T., Pritchard P. J., 2006. "Inetrodução à Mecânica dos Fluidos". LTC

Naimi M., Devenne R., Lebochem, 1990. "Estude Dynamique et Thermique de I'tcoulement de Couett". Deat Mass Transfer.

Nouar C., Desaubry C., Zenaidi H., 1998. "Numerical and Experimental investigation of Thermal Convection for a Thermodependent Herschel-Bulkley Fluid in na Annular Duct With Rotating Inner Cylinder". European Journal of Mechanics.

Papanastasiou T. C., 1987. "Flows of Materials With Yield", Journal of Rheology.

Patankar S. V., 1980. "Numerical Heat Transfer and Fluid Flow". Deat Mass Transfer.

6. DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE MASSALOTE PARA A FUNDIÇÃO DE UMA PEÇA DE ALUMÍNIO

Lucas da Silva Schenatto [1], Prof. MSc. Arthur Bortolin Beskow [2]
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões/URI - Erechim
e-mail: lucasschenatto18@hotmail.com [1], arthur@uricer.edu.br [2]

Resumo. *O presente trabalho aborda um dos processos de fabricação mais voláteis que existe, a fundição, aprofundando-se no estudo das reservas de sacrifício de metal ou massalotes. A principal meta deste trabalho é dimensionar um massalote com o menor volume possível que atenda aos requisitos para a fundição de uma peça de alumínio livre de vazios, trincas e imperfeições e depois testar sua eficácia por meio de fundições. Para a realização deste estudo foram definidos previamente alguns pontos importantes quanto ao processo, tais como, o tipo de peça a ser utilizada, a especificação da liga de alumínio, o tipo de areia e o método de fundição adotado. Com a finalidade de viabilizar a necessidade do uso de um massalote na fundição e afim de evitar defeitos, tornou-se inevitável utilizar uma peça com uma concentração volumétrica considerável, como é o caso da miniatura de peso de academia selecionado para o estudo. Com o intuito de utilizar os recursos disponíveis no laboratório da universidade, foi selecionado como matéria-prima alumínio comercialmente puro. Os cálculos foram realizados considerando o processo de fundição por gravidade e com areia verde como areia de moldagem. O dimensionamento foi realizado baseado nos três métodos existentes nas bibliografias especializadas, método por contração volumétrica, regra dos módulos e regra do tempo de solidificação. Ambos utilizando os mesmos parâmetros iniciais para os cálculos, afim de tornar possível uma análise precisa para a escolha da opção mais viável. Tanto os cálculos como a fundição provaram, para a peça em estudo e a liga utilizada, que o método de dimensionamento de massalotes mais compacto e eficaz é o método das contrações volumétricas que apresentou números significativamente melhores em comparação aos outros métodos utilizados.*

Palavras Chave: *massalote, dimensionamento de massalote, alumínio, fundição.*

1. INTRODUÇÃO

A fundição é um processo de fabricação muito versátil e de extrema importância para a indústria pois possibilita a fabricação de diferentes formatos e tamanhos de peças, produzindo desde peças simples até peças muito complexas que não poderiam ser obtidas por outros métodos de fabricação. Pode ser considerado tanto um processo inicial, produzindo lingotes para laminação e forjamento, quanto intermediário, produzindo peças semiacabadas que posteriormente serão usinadas ou até mesmo peças sem a necessidade de outro processo para sua forma final.

Quando se termina o processo de vazamento de metal para fundição de uma peça, inicia-se um processo de resfriamento e em consequência a redução do volume. Para compensar essas contrações utiliza-se uma reserva de metal liquido que fica para fora da peça chamada de massalote, que tem por objetivo evitar a formação do rechupe (ABREU, 2007). A Fig. 1 apresenta alguns tipos de massalote.

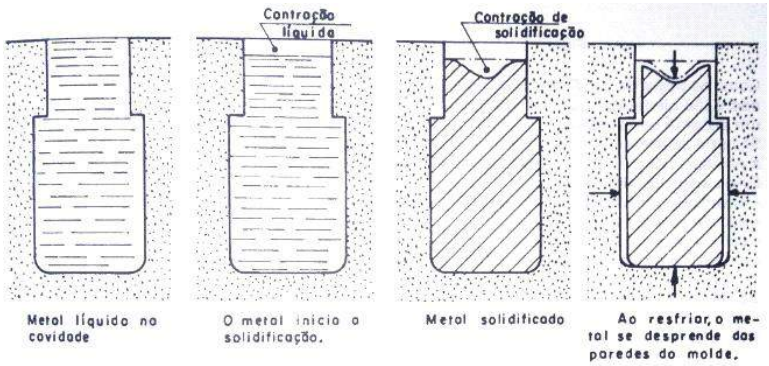


Figura 1 – Rechupe em massalote (ABREU, 2007).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo, o material escolhido para a peça foi o alumínio comercialmente puro, devido à sua disponibilidade no laboratório de mecânica da universidade, o mesmo possui um grau de pureza de 99,8%. A Fig. 2 mostra a matéria prima utilizada.

Figura 2 – Matéria prima utilizada pata a fundição.

A peça escolhida para o projeto foi uma miniatura de peso de musculação que foi fabricado pelo processo de fundição com areia verde, utilizando como material o Alumínio. A Fig. 3 ilustra a peça modelada através de software NX, tornado possível determinar seu volume total *VT:* 394.526,06 mm³, massa *M*: 1,07 kg e área superficial A_s: 35.775,67 mm².

Figura 3 – Peça elaborada para a fundição.

3. DIMENSIONAMETO DO MASSALOTE

Existem três métodos conhecidos para a realização do dimensionamento de um massalote.

3.1 Regra dos Módulos

Para o dimensionamento do massalote pela regra dos módulos, de acordo com Baldam (2013) o módulo da peça, ou melhor, da parte da peça a solidificar, deve-se dividir a peça em vários segmentos de acordo com sua propensão a se solidificar e calcular o módulo individual daquela parte, dividindo o volume da parte pela sua área superficial resfriada. Desta forma, inicia-se calculando o módulo do massalote que é dado por:

$$M_m = K' M_p, \tag{1}$$

$$M_p = \frac{VT}{A_s}, \tag{2}$$

$$D_m = \frac{4H_m * M_m}{H_m - M_m}, \tag{3}$$

3.2 Regra da Contração Volumétrica

Conforme descrito por Beskow (2016), a regra da contração diz que o massalote deve conter metal líquido suficiente para compensar a contração metálica.

O dimensionamento por este método baseia-se no cálculo do volume do massalote que é dado por:

$$V_m = K' * r * V_C \tag{4}$$

$$V_C = V_P * \frac{\delta s}{\delta_l} \tag{5}$$

3.3 Regra do Tempo de Solidificação

Segundo Wlodawer (1967), o tempo de solidificação do massalote é dado por:

$$t_s = K_C \left(\frac{VT}{A_s} \right)^2 \tag{6}$$

O valor de K_C para o molde em questão não precisa ser conhecido, visto que tanto a peça como o massalote estão inseridos na mesma condição.

Wlodawer (1967) também descreve que o tempo de solidificação do massalote deve ser 25% maior que o tempo de solidificação da peça. Desta forma tem-se:

$$t_{sm} = 1{,}25 t_{sp} \tag{7}$$

$$\left(\frac{V_m}{A_{sm}} \right)^2 = 1{,}25 \left(\frac{VT}{A_s} \right)^2 \tag{8}$$

3.4 Comparativo

Analisando o equacionamento teórico, objetivo do presente estudo, é possível perceber que o método da contração volumétrica, possuindo um volume 146,9% menor que o massalote calculado pela regra do tempo de solidificação e 150,7% menor que o massalote calculado pela regra dos módulos, apresentou os resultados mais satisfatórios.

A Tab. 1 faz uma comparação das dimensões finais do massalote obtidas pelos três métodos.

Tabela 1 – Comparativo final dos três métodos.

	Regra dos Módulos	Regra da Contração Volumétrica	Regra do Tempo de Solidificação
Diâmetro (mm)	78,2	54,7	72,0
Altura (mm)	117,3	82,0	108,0
Volume (mm³)	563.379,96	192.769,0	439.722,44
Massa (kg)	1,54	0,527	1,3045

O gráfico apresentado na Fig. 4 expressa a relação de alturas e diâmetros calculadas pelos três métodos de dimensiomaneto.

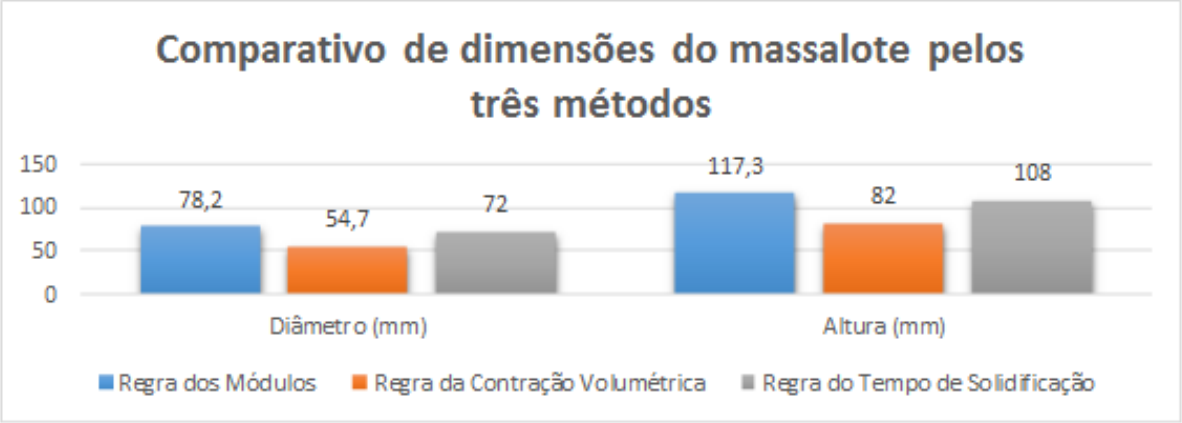


Figura 4 – Comparativo de dimensionamento do massalote pelos três métodos.

4. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

Foram realizados quatro experimentos ao todo, com diferentes características, conforme a Tab 2.

Tabela 2 – Dados dos Experimentos.

	Experimento 01	Experimento 02	Experimento 03	Experimento 04
Regra	Contração Volumétrica	Tempo de Solidificação	Contração Volumétrica	Contração Volumétrica
Temperatura (°C)	740	720	720	720
Diâmetro do Massalote (mm)	53,7	72,0	53,7	51,5
Altura do Massalote (mm)	82,0	108,0	82,0	77,2
Diâmetro do Canal (mm)	36,5	48,0	36,5	34,3
Altura do Canal (mm)	18,2	24,0	18,23	17,2
Alumínio para o massalote (kg)	0,527	1,3045	0,527	0,439

4.1 Experimento 01

O primeiro experimento foi realizado com o menor massalote calculado, por meio da regra da contração volumétrica. O alumínio foi retirado do forno à uma temperatura de 740 °C aumentando assim o rechupe do material na hora da solidificação, sendo que a temperatura ideal para a retirada do forno seria de 720 °C. O diâmetro do massalote foi diminuído em 1 milímetro.

Devido ao baixo nível de umidade da areia verde a compactação não foi perfeita e a descrição “URI” não pôde ser obtida, tendo sido este o único defeito aparente da peça considerando que não foram detectados vazios e seu peso foi muito próximo ao estimado em projeto. A Fig. 5 retrata a peça oriunda do primeiro experimento.

Figura 5 – Experimento 01.

4.2 Experimento 02

O segundo experimento foi realizado com massalote que obteve o segundo melhor resultado, por meio da regra do tempo de solidificação. O alumínio foi retirado do forno à temperatura ideal de 720 °C. Como o esperado, a peça fundida por este método apresentou os mesmos problemas e características do experimento 01 devido a utilização da mesma areia. A desvantagem do segundo experimento em relação ao primeiro foi o massalote maior resultando em um "desperdício" de aproximadamente 0,8 kg de alumínio. A Fig. 6 retrata a peça oriunda do segundo experimento.

Figura 6 – Experimento 02.

4.3 Experimento 03

O terceiro experimento foi realizado com o menor massalote calculado, por meio da regra da contração volumétrica. O alumínio foi retirado do forno à temperatura ideal de 720 °C. O diâmetro do massalote foi diminuído em 1 milímetro.

A peça obtida pelo terceiro experimento foi perfeita, apresentou todas as características obtidas em projeto.

Para o terceiro experimento foi utilizado uma areia de boa qualidade. A Fig 5.5 retrata a peça oriunda do terceiro experimento.

Figura 7 – Experimento 03.

4.4 Experimento 04

Devido ao sucesso do experimento 03, foi cogitada a possibilidade de reduzir seus coeficientes tabelados afim de diminuir as dimensões do massalote. Partindo desse princípio, foi diminuído o coeficiente de contração volumétrica utilizado na Eq. 4, de 6 para 5.

A fundição com esses valores de massalote resultou em uma peça com aspecto visual muito bom atendendo até mesmo ao peso previsto em projeto. Porém, foi detectado um vazio após a retirada do massalote tornando a peça, assim, defeituosa e inutilizando este experimento. A Fig 5.6 retrata a peça oriunda do quarto experimento com a indicação do vazio encontrado.

Figura 8 – Experimento 04.

5. CONCLUSÃO

Após o término do dimensionamento dos massalotes e dos canais pelos três métodos abordados foi possível analisar com melhor clareza a linha de raciocínio utilizada por cada autor bem como a considerável diferença existente nos valores finais de cada método. O resultado dos cálculos reforça a importância do presente estudo, uma vez que, dependendo do método adotado em cada empresa de fundição, existe a possibilidade de compactar massalotes diminuindo gastos desnecessários em energia e tempo para fundir novamente o material de sacrifício afim de reaproveitá-lo para novos processos, pois um processo de fabricação bem organizado e dimensionado implica em redução de desperdícios e custos que são diretamente proporcionais ao nível de produção de cada empresa e podem influenciar significativamente na rentabilidade e no valor agregado de cada peça fundida.

Os testes práticos por sua vez, confirmaram a maior eficiência do método de dimensionamento da contração volumétrica que apresentou resultados significativamente melhores em comparação aos outros métodos estudados, mas é importante a escolha correta dos coeficientes tabelados para evitar o surgimento de defeitos.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

7. REFERÊNCIAS

ABREU A.G.S. **Alimentação e Enchimento de Peças Fundidas Vazadas em Moldes de Areia.** 2° Ed. Itaúna: SENAI-DR. MG, 2007.

BALDAM, R. L.; VIERIA, E. A. **Fundição: Processos e Tecnologias Correlatas**. 1 ed. São Paulo: Érica, 2013.

BESKOW A. B. **Processos Metalúrgicos de Fabricação.** 6º semestre. Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, 2016.

WLODAWER, R. **Gelenkte Erstarrung von Stahlguss.** 2nd Edition. Alemanha, 1967.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO EXPERIMENTAL DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE SOLDAS PONTO COM VARIAÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS DE SOLDAGEM

Marina Bertuol Martins
Tancredo Westphal Junior
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim Avenida Sete de Setembro, 1621. Erechim-RS
e-mails: marinabe85@gmail.com, tancredo@uricer.edu.br

Resumo *O processo de solda ponto por resistência (processo RSW) foi introduzido comercialmente na década de 1980 e atualmente é um dos processos de fabricação mais utilizados na indústria. O processo consiste na união de chapas metálicas por pontos de solda a partir da fusão local, resultante do calor gerado pela resistência do material à passagem de corrente elétrica sob pressão dos eletrodos. É um processo ideal e de alta confiabilidade e rapidez para união de chapas finas, não necessitando de material de adição. A qualidade do ponto de solda é relacionada ao controle dos parâmetros de soldagem, que influenciam na geometria e resistência do ponto formado. O principal objetivo deste trabalho foi determinar a resistência à tração de soldas ponto, identificando os parâmetros que resultam em melhores características de resistência do processo. A partir dos parâmetros adotados para os testes desse estudo, os resultados permitiram verificar que o processo RSW é um processo estável, visto que as resistências à tração não tiveram drástica variação para parâmetros que foram baseados na norma. Foi importante constatar que o diâmetro do ponto obtido também é condição para aprovação da solda RSW, na qual para parâmetros não adequados esse requisito foi preliminar para aprovação da solda.*

Palavras chave*: solda por resistência; processo RSW; parâmetros de soldagem; solda ponto*.

1. INTRODUCÃO

O princípio da solda por resistência foi descoberto pelo físico inglês James Joule, em 1856. Em seus experimentos Joule cobriu um feixe de fios com carvão vegetal e soldou os fios aquecendo-os com uma corrente elétrica (KHAN e PANDEY, 2013). Atualmente a solda ponto por resistência (*Resistance Spot Welding* – RSW), referida neste trabalho como processo RSW, é um dos processos de fabricação mais utilizados na indústria.

Este processo consiste na união de chapas metálicas com pontos de solda a partir de fusão local, causada pelo calor gerado pela resistência do material à passagem de corrente elétrica sob pressão dos eletrodos. A execução da solda ponto é rápida e de alta confiabilidade, não necessitando de metal de adição e tampouco de alto grau de experiência do operador, sendo ideal para união de chapas finas (SANTOS, 2013). Na Figura 1 pode-se visualizar o desenho esquemático deste processo.

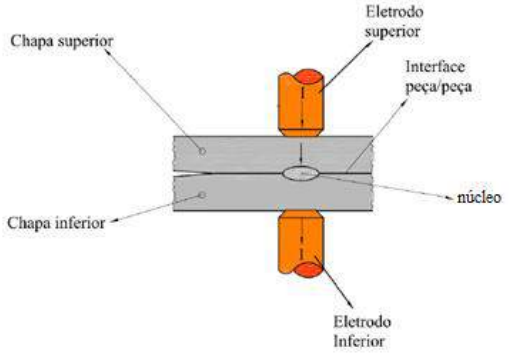


Figura 1 - Representação de um processo RSW (PINHEIRO, 2010)**.**

As características do processo RSW diferem dos processos convencionais de soldagem por utilizar força de pressão para a união das peças. De acordo com Junior (2014), o efeito da força é refinar a estrutura do grão, produzindo uma solda com propriedades físicas, na maioria dos casos, igual ao metal de origem e com qualidade até mesmo superior.

A qualidade do ponto de solda está relacionada ao controle dos parâmetros de soldagem, ajustando os parâmetros visando identificar os efeitos destes sobre a geometria e resistência mecânica do ponto formado (SANTOS, 2013). O desenvolvimento da solda ponto por resistência tem o propósito de a tornar aprova de falhas.

2. MATERIAIS E METODOS

O material utilizado para este estudo é o aço com baixo teor de carbono, que segundo Modenesi (2011) são aços mais comumente usados em fabricação e construção. Especificamente para este experimento foi utilizado o aço SAE 1020, em chapas laminadas, com elementos de liga principais carbono e manganês.

O equipamento de soldagem utilizado nos experimentos é de fabricação comercial da SOLD, mostrado na Figura 2(a). Esta máquina possui acionamento pneumático 30 kVA, 50 kVA e 100 kVA, com braço de 800 mm, resistência bifásica e trifásica com controladores de solda por corrente constante AC – 60 Hz/DC – 1000 Hz (SOLD, 2015a). O equipamento utiliza um controlador de solda (timer) que executa disparos controlados de corrente elétrica com um transformador que converte uma alta tensão e corrente primária baixa AC em alta corrente secundária e baixa tensão, em torno de 3 V a 9 V. O processo da máquina de RSW inicia-se ao pressionar um pedal, com um cilindro pneumático avançando no sentido da peça, sendo o principal objetivo executar força entre os eletrodos de acordo com a pressão estabelecida, observando que há uma relação entre pressão e capacidade do cilindro. Esse intervalo de tempo ou movimento é controlado pelo tempo de primeira compressão. Após o toque na peça, ocorre a pré-pressão, que por sua vez permite a aplicação de força e passagem de corrente controlada durante o tempo de solda. O material ao passar do estado plástico ao líquido e posteriormente sólido, necessita do tempo de pós-pressão para resfriamento da solda e eletrodos. Ao finalizar a solda ocorre o recuo do cilindro.

Os experimentos foram realizados com corpos de prova com um ponto e com múltiplos pontos de solda, utilizando parâmetros para o tempo, pressão dos eletrodos e corrente elétrica. Os corpos de prova foram extraídos de chapas SAE 1020 com 0,6 mm de espessura cortadas em máquinas laser, conforme Figura 2(b). As amostras têm 0,6 mm de espessura, 45 mm de largura e 175 mm de comprimento, de acordo com a norma AWS/SAE 8.9M (2002) *apud* Aures (2006).

O ensaio metalográfico compreende na verificação a olho nu, ou com ampliação de até 1000 vezes, de um corpo de prova caracterizado por uma seção transversal do ponto de solda, devidamente lixado e polido em níveis refinados. O ensaio de metalografia possibilita apurar a homogeneidade ou heterogeneidade do produto e constatar a existência de descontinuidade interna da região soldada (STOCCO, 2010). Segundo a DIN 14329 (2003) *apud* Stocco (2010), além da morfologia do ponto e ocasionais desconformidades, podem ser observados e mensurados neste ensaio fatores como o diâmetro do ponto de solda e a sua altura, também definidas por penetração.

O ensaio de tração consiste na aplicação de uma carga de tração uniaxial crescente em um corpo de prova específico até a ruptura. A precisão e certeza nos resultados torna o ensaio de tração o mais usual e por esse motivo é o ensaio considerado definitivo, e tem prioridade de validade sobre os demais ensaios praticados. Na solda ponto por resistência o corpo de prova é carregado até a sua ruptura sob tensão em uma máquina padrão para o teste. A Figura 2(c) mostra a máquina para teste de tração utilizada neste trabalho.

a) b) c)

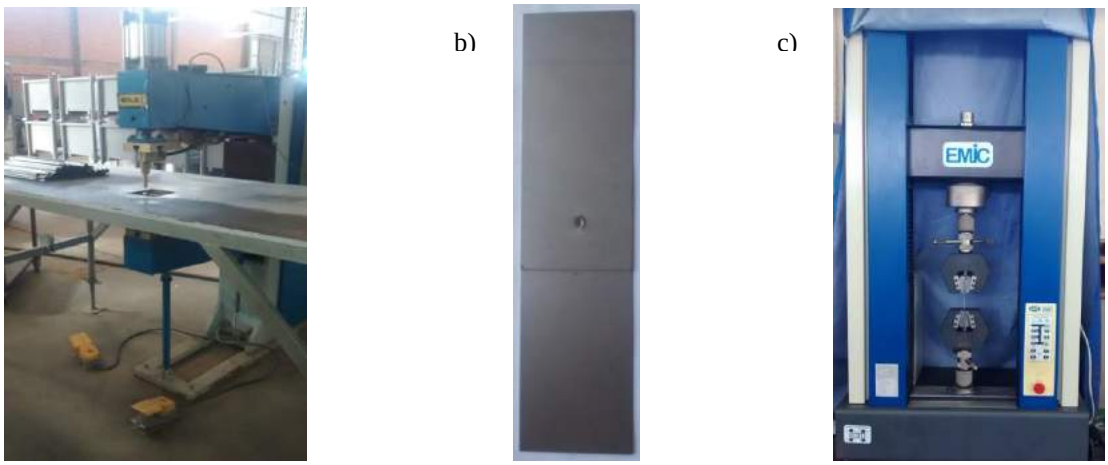


Figura 2 - (a) Máquina de solda ponto por resistência, (b) Corpo de prova com um ponto de solda, (c) Máquina para teste de tração.

A inspeção visual é requisito relevante, onde a superfície de um ponto de solda deve ser uniforme na forma, relativamente plana e livre de fusão superficial, indentação profunda dos eletrodos, trincas, descoloração ao redor da solda e outros fatores que indicam necessidade de manutenção dos eletrodos ou funcionamento impróprio do equipamento. Todas essas consequências da solda, além de degradarem o aspecto da superfície, podem dar impressão

de que a solda é defeituosa, como o caso da descoloração ao redor da solda, evidente em aço revestido, mas é um fato que não pode ser eliminado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para atingir os objetivos propostos foram soldadas 8 amostras (R1 a R8) variando o tempo de soldagem, corrente elétrica e pressão dos eletrodos, visando obter uma solda com maior resistência mecânica, bem como obter soldas de qualidade. Além das resistências, os parâmetros de soldagem também foram escolhidos de forma a atender o critério do diâmetro mínimo do ponto de solda, o qual deve ser de 3,8 mm , pois evita defeitos como solda com diâmetros do ponto menor que o especificado, indentação, queima da superfície das chapas, fusão da superfície. Os parâmetros utilizados em cada um dos experimentos estão apresentados na tabela 1.1.

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para os experimentos.

Parâmetros utilizados para os experimentos		
Experimento	Tempo de soldagem (ms)	Corrente elétrica (kA)
R1	75	24,8
R2	111	7
R3	100	7
R4	92	7
R5	92	3,5
R6	40	1
R7	111	7
R8	92	7

Primeiramente foram realizados testes de tração nos corpos de prova com único ponto de solda por CP (conforme Figura 3(a) variando os parâmetros (corrente elétrica, tempo de soldagem e pressão dos eletrodos), posteriormente foram realizados testes com múltiplos pontos alinhados nos CPs (Figura 3(b).

a) b)

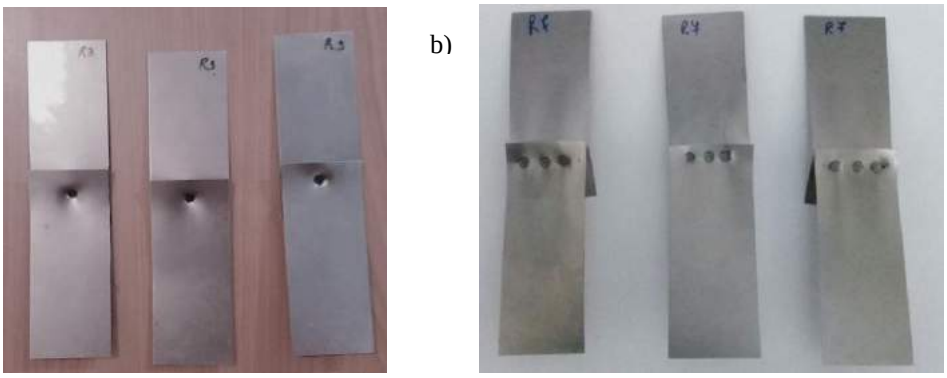


Figura 3 - (a) CPs com um ponto único de solda, (b) CPs com múltiplos pontos de solda.

Cada parâmetro foi testado três vezes no ensaio de tração e para os CPs com um único ponto foram feitas análises da micrografia a fim de identificar possíveis falhas na solda, bem como as interfaces entre a zona fundida pela solda, zona termicamente afetada e metal base, conforme mostra a Figura 4.

a) b)

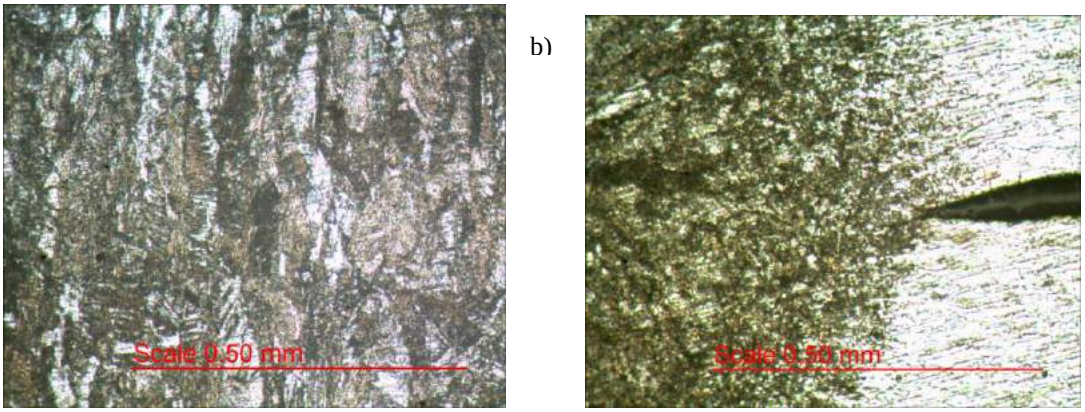


Figura 4 - (a) Grãos colunares na região da solda, (b) Zona termicamente afetada e metal base.

Os corpos de prova de cada experimento obtiveram uma resistência, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Resistência à tração por CPs em cada experimento.

Resistência à tração por CPs em cada experimento																								
Experimento	R1			R2			R3			R4			R5			R6			R7			R8		
CP	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
Resistência (kgf)	276	239,2	234,7	306,4	328,9	331,9	308,3	329,3	326,4	319,3	324,4	316	307,6	313,5	334,1	291,5	294,7	291,8	625,6	617,2	714,4	646,6	592,4	656,9

A dispersão dos resultados obtidos nos ensaios de tração pode ser observado na Figura 5.

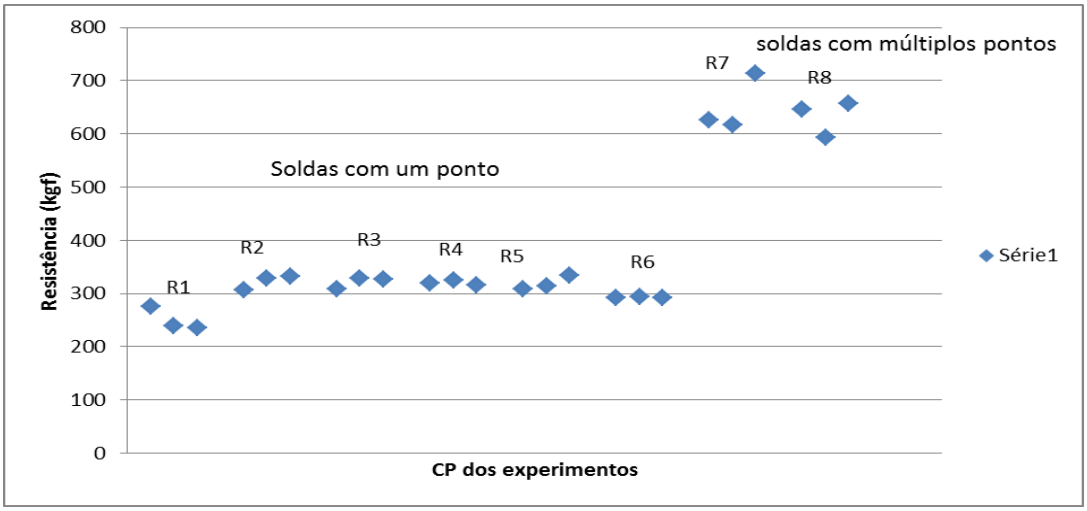


Figura 5 - Resistência à tração por amostra dos experimentos.

Observa-se pelo gráfico apresentado na Figura 5 que não foi encontrada significativa variação na resistência das soldas, porém os testes R2 a R5 apresentam resistência levemente maior. Analisando os aspectos da superfície soldada novamente os experimentos R2 a R5 apresentaram melhor acabamento, menor depressão, bem como diâmetro do ponto de acordo com as especificações para chapas de aço SAE 1020 com 0,6 mm de espessura.

4. CONCLUSÃO

Com o estudo realizado pode-se obter soldas com boa resistência à tração, livre de defeitos, visto que todos os rompimentos ocorreram no metal base e não no descolamento ou rompimento do ponto soldado. Porém como os parâmetros de soldagem são determinados de forma a atender o diâmetro mínimo do ponto soldado, os experimentos R1 e R6 não atenderam os requisitos e dessa forma não foram aprovados.

As soldas realizadas nesse trabalho com chapas de 0,6 mm de espessura apresentaram boa qualidade, os ensaios de micrografia revelaram uma solda livre de defeitos. Para a solda com um ponto o melhor parâmetro que obteve a maior média de resistência à tração foi o experimento R2, com a pressão dos eletrodos de 1,2 kN, 7 kA de corrente elétrica e 100 ms (6 ciclos) de tempo de soldagem.

Através das soldas com múltiplos pontos, foi possível obter soldas com resistência aproximadamente duas vezes maior do que a com um único ponto, sendo que o rompimento da solda também ocorreu no metal base. Dessa forma foi possível verificar que a resistência a tração de soldas com múltiplos pontos não é proporcional à resistência à tração de soldas com pontos únicos, pois o limite de resistência de soldas com múltiplos pontos suporta até que o primeiro ponto se rompa.

Com esse estudo foi possível verificar que a solda ponto por resistência é um processo estável, visto que a variação dos parâmetros não resultou em grande variação da resistência à tração, no entanto é importante enfatizar que não é apenas a resistência que implica na qualidade da solda mas também, o aspecto visual, o diâmetro do ponto soldado, entre outros, o que qualifica ou não a solda obtida.

5. REFERENCIAS

AURES, J.H.V. **Estudo da formação, geometria e resistência do ponto de soldagem por resistência: uma abordagem estatística**. 2006. 143 p. Dissertação de Mestrado em Sistemas Mecatrônicos, Universidade de Brasília, Brasília 2006.

JUNIOR, M.A.P. **Avaliação das juntas soldadas utilizando o processo de soldagem a ponto na indústria automobilística**. Revista Técnico-Científica do CREA-PR. 2ª edição. Curitiba, 2014.

KHAN, M.I. e PANDEY, A.K. **State of art in modern resistance spot welding.** International Journal of Technical Research and Applications e-ISSN: 2320-8163, 2013 Volume 1. Disponível em: <http://www.ijtra.com/view/state-of-art-in-modern-resistance-spot-welding.pdf.>. Acesso em: 02 jun. de 2017.

MODENESI, P.J**. Soldabilidade de algumas ligas metálicas**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

PINHEIRO, H.J.G.. **Estudo da correlação de "shunt" e a geometria do ponto de solda em função do espaçamento, em chapa de aço de baixo teor de carbono e espessura de 0,8 mm**. 2010. 112 p. Dissertação de Mestrado em Gestão e Tecnologia Indutrial, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMETEC, Salvador, 2010.

SANTOS, W.A.S. **Estudo da influência dos parâmetros de regulagem na soldagem por resistência na indústria automobilística**. 2013. 40 p. Pós-graduação em Engenharia de Soldagem, Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2013.

SOLD. **Máquinas de solda ponto por resistência.** 2015a. Disponível em: <http://www.sold.ind.br/produtos/categoria/maquinas_de_solda_por_resistencia/solda_ponto_>. Acesso em: 25 de junho de 2017.

STOCCO, D. **Características de solda por resistência a ponto através de avaliações não destrutivas**. 2010. 210 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM FSW SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE SOLDAS EM CHAPAS DA LIGA DE ALUMÍNIO AA 5083 EM JUNTAS DE TOPO COM FERRAMENTA DE OMBRO LISO E COM INCLINAÇÃO

Mário Lucas Murari[1]
Arthur Bortolin Beskow[2]
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI Campus de Erechim
mario_murari@hotmail.com[1]; arthur@uricer.edu.br[2]

Abstract. *The FSW (friction stir welding) process was conceived in 1991 at The Welding Institute (TWI) in Cambridge, UK, in the year 1991. It is a friction solid state process in which a cylindrical rotating tool, non-consumable, with a pin and a shoulder is pressed against the parts to be joined, where the rotation promotes heat generation and heating through the friction between tool and part, generating flow and mixing of the material by means of the displacement of the tool on the part, resulting in union due to extrusion and forging mechanisms. The experiments performed in the laboratory were carried out in a machining center (CNC) focused on the optimization of the process. The fixing of the plates was done by a special support that is fixed in the machine. The friction of the tool with the plates generates a lot of heat, but the process conditions prevent the material from reaching the melting temperature of the AA5083 alloy that was used for the experiments. The friction welding tool is basically formed by two components called pin and shoulder. The contact of the pin with the material generates friction and heat, deforming the region of the joint to be welded. The contact of the shoulder with the material increases the heat generated by the friction and expands the deformation zone of the welded joint. Each part of the tool has a specific function. The part to be welded, tool material, joint type, operating parameters and process experience are relevant factors.*

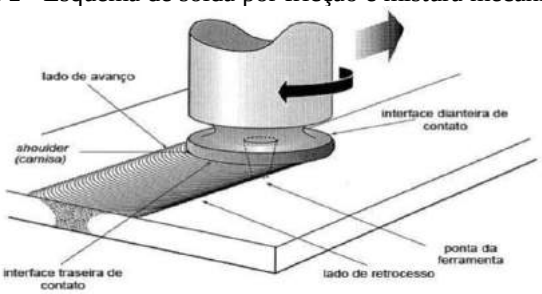
Keywords: *Process FSW, Alloy AA5083, Tilt Angle, Aluminum Welding, ISO 25239.*

1. INTRODUÇÃO

O processo de Soldagem *FSW (Friction stir Welding*) é um processo de soldagem desenvolvido na década de 1990 pelo instituto Cambridge na Inglaterra é diferente do processo convencional que utiliza arco elétrico, a vantagem deste processo está em não atingir temperaturas elevadas sendo sem fusão do material, não havendo também a adição de material por meio de arames ou eletrodos. Essa soldagem acontece no estado sólido por meio de uma ferramenta contendo um pino e ombro específicos que é rotacionada em um sentido único tendo um perfil que esta associado a parâmetros que devem ser utilizados para o específico tipo de junta a ser soldada. O atrito entre ferramenta e chapa é o ponto chave que caracteriza o processo e dá o seu nome.

O fator chave para se obter uma solda com mistura por atrito, sem defeitos, é a combinação correta entre a geometria da ferramenta, os parâmetros de soldagem e o fluxo de material durante a soldagem (Paiva, 2009).

Figura 1 - Esquema de solda por fricção e mistura mecânica.



Fonte: Nicholas e Thomas (1997).

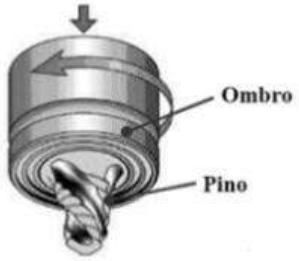
Existem diversos parâmetros que são controlados para a execução do processo, tais como: o tipo de junta e a liga utilizada, a máquina e a ferramenta, todas estas são peças importantes que devem ser estudadas para situações especificas, que darão uma execução sem falhas e com características satisfatórias ao processo.

Figura 2 - Pricipais parametros de FSW.

Fonte: o Autor

Os experimentos feitos utilizando esse processo tiveram como objetivos otimizar parâmetros já estudados e utilizados anteriormente por outros autores em experimentos com ferramentas com designes, tais como velocidade de soldagem de 70 e 80 mm/min, penetração do ombro nas chapas de 0,4 mm, rotação da ferramenta de 1450 rpm, utilizando uma ferramenta com ombro estriado e pino cônico, roscado contendo 3 faces a 120°. A Figura 3 ilustra uma ferramenta utilizado por Fioravanti (2008).

Figura 2 – Descrição da ferramenta.



Fonte: Fioravanti (2008).

A liga utilizada para os experimentos foi a liga de aluminio AA 5083 a base de magnésio e traços de manganês e cromo, uma liga bastante utilizada em carrocerias de veículos na região de Erechim, Rio Grande do Sul.

2. MATERIAS E MÉTODOS

As chapas utilizadas nos experimentos são da liga AA 5083, que é uma liga nao tratável termicamente é beneficiada com recozimento pleno, mantém excelente resistência após a soldagem, tem a mais alta resistência das ligas não tratáveis (*Aluminium Alloys - Aluminium AA 5083 Properties, Fabrication and Applications, Supplier Data by Aalco*) as aplicações típicas são na indústria naval, vagões ferroviários, tanques para transporte de combustível, componente da indústria bélica como mísseis, vasos de pressão e outras aplicações a baixa temperatura.

O tipo de junta utilizado para soldagem dos experimentos é a junta de topo, cada experimento utiliza duas chapas cada uma com 300x100x6,4 mm, que é fixado em um suporte especial mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Suporte especial.

Fonte: o Autor

A máquina utilizada para o processo é um centro de usinagem ROMI skybull 600, Figura 5, usa controle numérico para suas operações de usinagem, assim há um controle dos parâmetros de soldagem.

Figura 5 – Suporte especial.

Fonte: Romi.

A ferramenta utilizada nos experimentos, Figura 6, é feita de aço ferramenta VC 131, com ombro e pino do mesmo material, o ombro da ferramenta contem estrias em espiral. O efeito das estrias é suficiente para dirigir o material para o interior do ombro no sentido do pino, reduzindo a formação de rebarba e providenciando um correto nível de forjamento do material (ANDRADE, 2009) o pino cônico roscado tipo *Whorl* reduz cerca de 60% do volume deslocado pelo pino, diminuindo a carga transversal, e como consequência tem-se um aumento na velocidade de soldagem. O pino sofreu modificações além do seu cônico com três faces planas a 120°cada, a modificação teve o intuito de melhora do fluxo de material na junta e maiores velocidades de avanço e rotação, visando uma maior durabilidade da máquina ferramenta e soldas livres de defeitos e feitas com maior rapidez.

Figura 6 - ferramenta de ombro estriado e com pino helicoidal (*Whorl*) de três faces.

Fonte: O Autor

O processo exige um controle dos seguintes parâmetros:

- Velocidade de rotação da ferramenta (rpm);
- Velocidade de avanço ou de soldagem;
- Profundidade de penetração do ombro da ferramenta;
- Força vertical de forjamento;
- Ângulo de inclinação da ferramenta;
- Geometria da ferramenta;
- Dimensão da ferramenta.

Após as chapas serem soldadas elas são secionadas em tiras na direção transversal à solda, utilizando uma serra fita, para realizar as macrografias e os ensaios mecânicos. Os corpos de prova são marcados com números para identificar início, meio e fim da solda. Na macrografia estes são lixados em um de seus lados com lixas de grão 80, 120, 220, 320 e 400 e após é feito o ataque químico com uma solução de água régia (ácido nítrico, ácido clorídrico e água). O objetivo é visualização de defeitos de soldagem como trincas e vazios que são facilmente identificados.

Os ensaios mecânicos destrutivos seguem a ISO 25239-1 que indica os requisitos para qualificar o processo. Os corpos de prova de tração seguem aos de dobramento de face e raiz. Os ensaios são realizados em uma máquina universal de ensaios AGS-X 300 kN da marca Shimadzu, Figura 7.

Figura 7 – Máquina de Ensaio Universal AGS-X 300.

Fonte: Shimadzu.

3. RESULTADOS

Experimentos tiveram nomeação JM, e foram feitos dois experimentos. As extensões de solda foram menores que o comprimento da chapa para evitar sobrecarga no equipamento.

Os experimentos JM1 e JM2 foram feitos na mesma chapa de 300 mm de comprimento, sendo o primeiro com um percurso de 150 mm e para o segundo a chapa foi reposicionada e teve um percurso de 120 mm. Na Tabela 1 são apresentados respectivamente os parâmetros configurados para a realização desta solda, sendo importante destacar que a velocidade de soldagem foi de 70 mm/min. A penetração do ombro e a rotação da ferramenta foram de 0,4 mm e de 1550 rpm respectivamente. A penetração de 0,4 mm teve o objetivo de evitar a sobrecarga sobre o servo motor do eixo Z, mas manter o mínimo de pressão necessária e foi escolhida a rotação que se julgou adequada para consolidar a solda.

Tabela 1 - Parâmetros de soldagem utilizados no experimento JM1.

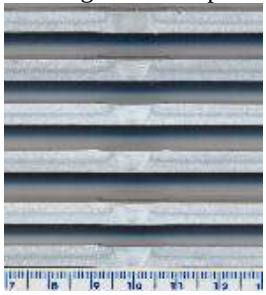
Ângulo de inclinação (º)	Velocidade de rotação (rpm)	Velocidade de avanço (mm/min)	Velocidade de penetração (mm/min)	Penetração do ombro (mm)	Tempo de aquecimento (s)	Altura do pino (mm)	Sentido de rotação
2,94	1550	70	8	0,4	60	6,2	Anti-horário
2,94	1550	80	8	0,4	60	6,2	Anti-horário

Figura 8 - Chapa experimento JM1.

Fonte: O Autor.

Na macrografia do experimento JM1 (Figura 9), visualmente, não houve defeitos, porém as macrografias revelaram uma linha longitudinal no centro da chapa, indica que esta possui algum tipo de defeito interno recorrente do processo de fabricação, tal como segregação de inclusões, que pode ter influenciado na qualidade da solda dos experimentos. Nos ensaios de tração, e dobramento de face e raiz todos os corpos de prova foram reprovados, pois romperam na linha de soldagem, os corpos de prova ensaiados podem ser vistos na Figura 10.

Figura 9 - Macrografia do experimento JM1.



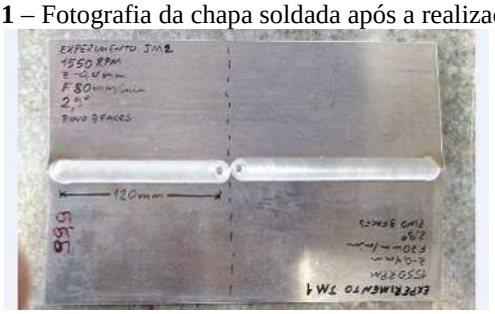
Fonte: O Autor.

Figura 10 - Ensaios de tração e dobramento experimento JM1.

Fonte: O Autor.

No experimento JM2 foram mantidos os mesmos parâmetros do JM1 exceto a velocidade de avanço que foi aumentada para 80 mm/min, na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**Figura 11 pode ser vista a fotografia da chapa soldada. Um ponto importante a ser observado é que na realização desta solda não houve surgimento de rebarbas.

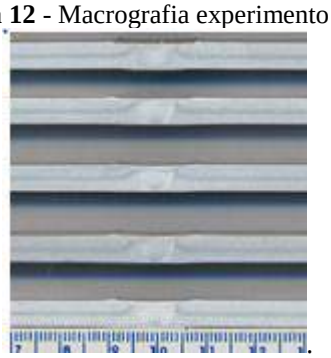
Figura 11 – Fotografia da chapa soldada após a realização da solda JM2.



Fonte: O Autor.

Na macrografia do experimento, apresentada na Figura 12, nenhum defeito foi encontrado, novamente aparece a linha de inclusões citada no experimento JM1.

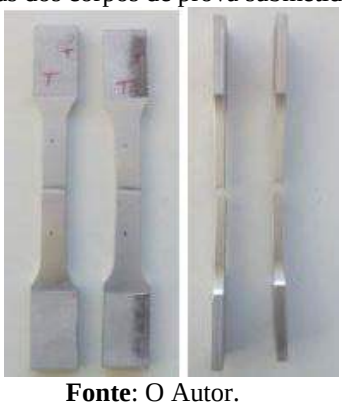
Figura 12 - Macrografia experimento JM2.



Fonte: O Autor.

O experimento teve seus ensaios de tração reprovados não sendo necessários os demais testes de dobramento, a solda foi desqualificada. Na Figura 13estão as fotografias dos corpos de provas submetidos aos ensaios.

Figura 13 – Fotografias dos corpos de prova submetidos ao ensaio de tração.



Fonte: O Autor.

Na Tabela 2 está apresentado um resumo dos resultados obtidos. Nos experimentos realizados não houve qualificação dos parâmetros, indicando que a utilização da velocidade de rotação de 1550 rpm não foi adequada para profundidade de penetração do ombro de 0,4 mm e as respectivas velocidades de avanço utilizadas.

Tabela 2 - Testes feitos, Tração (T), Dobramento Raiz (R) Face (F) ausência na linha da tabela mostra que o teste foi reprovado.

Experimentos	Velocidade de avanço (mm/min)	Penetração do Ombro (mm)	Testes
JM1	70	0,4	Nenhum aprovado
JM2	80	0,4	Nenhum aprovado

4. CONCLUSÃO

O pino modificado da ferramenta gerou núcleo das soldas livre de defeito e com as características esperadas. Porém, por não ter obtido a qualificação das soldas com os parâmetros utilizados, não foi possível concluir se o desempenho realmente foi melhor.

Tanto no experimento JM1 quanto no JM2 obtiveram-se soldas com bom aspecto superficial e sem a formação de rebarbas. As macrografias dos experimentos revelou visualmente o núcleo da solda integro e sem defeitos de soldagem.

Quando submetidos aos ensaios de tração todos os corpos de prova foram reprovados, a tensão máxima na tração do material base foi de 282 N/mm² enquanto a tração do experimento JM1 foi de 221 N/mm², nos ensaios de dobramento os corpos de prova romperam na linha de soldagem por propagação de trincas. Essa soma de reprovações nos ensaios desqualificaram os parâmetros de soldagem. O segundo experimento, JM2, teve o mesmo resultado sendo reprovado nos ensaios mecânicos com uma tensão máxima de tração de 250 N/mm².

5. REFERÊNCIAS

Aluminium Alloys – **Aluminium 5083 Properties, Fabrication and Applications, Supplier Data by Aalco**". azom.com. Retrieved 8 March 2015.

ANDRADE, Eladio, A. C.. **Desenvolvimento de Ferramenta Bobbin-Tool para o Processo de Soldadura por Fricção Linear. Caracterização e Análise da Liga de Alumínio AA6061-T4**, Dissertação de mestrado em engenharia - 2009. Instituto Superior Técnico, Lisboa. 2009.

FIORAVANTI, Artur S., **Soldagem por FSW de ligas de alumínio alclad AA2024-T3 E AA7075-T6**, Dissertação de mestrado em engenharia - 2008. Porto Alegre: Escola de Engenharia da UFRGS.

NICHOLAS E. D.; THOMAS, W. M. **Friction Stir Welding For the Transportation Industries**. Material &Desing, vol 18, n. 4-6, 1997.

PAIVA, Flávio Gil Alves. **Caracterização de Junta Soldada por Atrito Linear com Mistura (FSW) da Liga Al-Mg-Si AA 6063**. São Paulo, 2009. 109 pg Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais

6. RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE COMPUTACIONAL DO EFEITO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR RADIATIVA NA OXI-COMBUSTÃO DE CARVÃO RUSSO EM UMA INSTALAÇÃO DE ENSAIO DE COMBUSTÃO DE 0,5 MW

Raul Vanz
Cristiano Vitorino da Silva
Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus de Erechim. Av. Sete de Setembro, 1621, Cep 99700-000, Erechim, RS, Brasil.
raul.vanz@yahoo.com.br; cristiano@uricer.edu.br

Resumo. *Neste estudo foi realizada uma investigação numérica sobre o comportamento radiativo no processo de combustão de carvão pulverizado em uma Instalação de Ensaio de Combustão (CTF) de 0,5 MW, equipada com um queimador IFRF tipo AASB. Este estudo foi realizado considerando o método dos volumes finitos, utilizando como ferramenta de simulação o software Ansys CFX v.15. Foi implementada uma modelagem de combustão baseada numa abordagem lagrangeana/Euleriana, em regime permanente, considerando as equações de conservação de massa, quantidade de movimento, energia e espécies químicas para um escoamento multifásico, reativo e turbulento, a fim de representar a queima de partículas de carvão no interior da fornalha do reator. Quatro casos foram estudados, um considerando queima em ambiente com ar atmosférico e outros três em condições de oxi-combustão (RR75%, RR72% e RR65%). Dois modelos espectrais de radiação foram implementados na modelagem numérica, o modelo de Gás Cinza (GG – Gray Gas), desconsiderando a presença de fuligem, e o modelo de Soma Ponderada de Gases Cinza (WSGG – Weighted Sum of Gray Gases), considerando a presença de fuligem. Observou-se que a variação no ambiente de combustão causa grandes impactos na estrutura da chama e na transferência de calor por radiação. Verificou-se que para o fluxo de calor radiativo e para a distribuição de temperaturas o Caso III (RR72%) apresentou distribuições semelhantes ao Caso de Referência (Caso I – queima em ar atmosférico). Os resultados mostraram que o modelo espectral do WSGG obteve uma discrepância menor do que o GG, quando ambos são comparados com os dados experimentais, sendo, com isso, mais preciso. Notou-se que a maior temperatura de chama e a maior intensidade de radiação estão no Caso IV, onde a Relação de Reciclagem (RR) de CO2 é menor, e que os mesmos dados tendem a aumentar com a diminuição da RR. O mesmo acontece com o comprimento da chama, que aumenta com a diminuição da RR. Os resultados são validados comparando-se com os dados experimentais de funcionamento da CTF.*

Palavras Chave: Radiação, Gás-cinza, WSGG, Fuligem, Oxi-combustão.

1. INTRODUÇÃO

Pesquisas recentes comprovam que o aquecimento global está em curso. Fica evidente, através de observações, como os aumentos na temperatura média global do ar e dos oceanos, derretimento generalizado de neve e gelo e aumento do nível médio dos oceanos, que a situação é muito séria. Com base em dados disponíveis, existe uma indiscutível concordância de que a causa destes fenômenos se deve ao aumento do nível dos chamados gases de efeito estufa na atmosfera. O principal suspeito é o CO_2, produzido, principalmente, na queima de combustíveis fósseis.

Neste cenário, um motivo que tem atraído muitos estudos é o desenvolvimento de tecnologias para a produção de energia elétrica com o mínimo impacto ambiental possível, principalmente no que diz respeito às emissões de dióxido de carbono na atmosfera, como visto, principal causador do efeito estufa. Uma técnica utilizada para isso, chamada de oxi-combustão, consiste em fazer recircular parte dos gases de combustão no processo e introduzir nesse gás, que no regime permanente é composto principalmente de dióxido de carbono, uma quantidade de oxigênio puro, necessária para garantir a queima. Com essa técnica o dióxido de carbono pode ser capturado e armazenado, garantindo níveis de emissão de poluentes praticamente nulos na atmosfera.

Para o presente trabalho apresenta-se um estudo numérico, utilizando o software comercial Ansys CFX 15, da combustão de carvão Russo pulverizado, empregando o processo de oxi-combustão, onde a modelagem desenvolvida pelo Laboratório de Simulação Numérica (LABSIM) é implementada sobre a geometria de uma CTF em escala laboratorial, apresentada por Smart, *et al*., (2010b), com capacidade de 0,5 MW, tendo como objetivo avaliar as mudanças no ambiente de combustão comparando os modelos espectrais de radiação de gás cinza (GG), desconsiderando a presença de fuligem, e Soma Ponderada de Gases Cinza (WSGG), considerando a presença de

fuligem, comparando os dados obtidos pelas simulações com os dados experimentais mensurados por Smart, *et al*., (2010b) a fim validar a modelagem numérica.

2. CONDIÇÕES DE CONTORNO E MÉTODO COMPUTACIONAL

Os dados considerados neste estudo representam a operação de uma Instalação de Ensaio de Combustão (CTF – *Combustion Test Facility*) horizontal em escala piloto de 0,5 MW operando com combustão de carvão Russo pulverizado, sob condição de queima em ar e em oxi-combustão.

Os detalhes da geometria da fornalha em estudo são mostrados na Fig. 1. Consiste em uma fornalha revestida em cerâmica com seção quadrada de 0,8 m, com 4 m de comprimento, seguida de uma seção convergente com 2,18 m de comprimento levando a uma seção de saída quadrada de 0,3 m, equipada com uma versão reduzida de um queimador IFRF (*International Flame Research Foundation*) tipo AASB (*Aerodynamically Air Staged Burner*), onde combustível e oxidante entram no domínio pelas entradas primária e secundária, respectivamente.

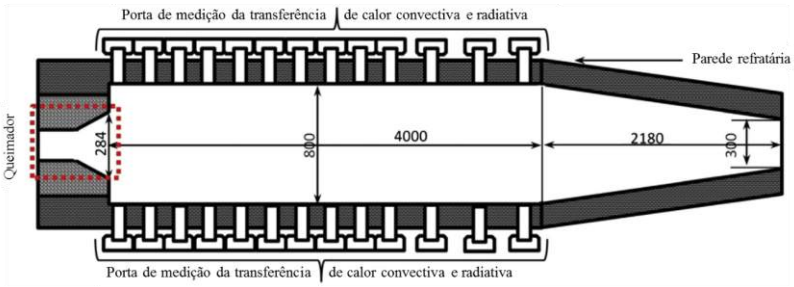


Figura 1 - Esquema da CTF (todas as medidas em milímetros) (adaptado de Naser e Bhuiyan, 2015a).

Diferentes *Recycled Ratios* (RR) foram considerados neste estudo – RR65%, RR72% e RR75%. Na Tab. 1 são mostradas as condições de entrada para os diferentes casos estudados, onde Caso I corresponde ao Caso Referência, com uma queima em condições de ar atmosférico, e Caso II, Caso III e Caso IV correspondem a queima em condição de oxi-combustão com RR75%, RR72% e RR65%, respectivamente. Em todos os casos, o fornecimento total de combustível foi conservado de forma a manter a carga térmica da CTF constante. O número de *swirl* tem um efeito significante na combustão, e foi gerado na entrada secundária, sendo mantido constante e igual a 0,6 para todos os casos, devido a isso as velocidades na entrada secundária variam de um caso para outro. As paredes da fornalha foram modeladas como resistências térmicas assumindo emissividade igual a 0,85 para todas as paredes.

Tabela 1 - Condições de contorno para os diferentes casos de combustão (adaptado de Naser e Bhuiyan, 2015a).

Parâmetros	**Caso I Ar**	**Caso II RR75%**	**Caso III RR72%**	**Caso IV RR65%**
Entrada Primária				
Vazão Mássica de Oxidante [kg/h]	110,0	159,0	156,7	153,8
Velocidade Axial [m/s]	15	15	15	15
Temperatura [K]	343	343	343	343
Teor O_2 [%]	23,15	16,2	16,2	16,2
Teor CO_2 [%]	0,0	83,8	83,8	83,8
Vazão de Carvão [kg/h]	68	68	68	68
Entrada Secundária				
Vazão Mássica [kg/h]	620,0	598,1	512,9	423,9
Velocidade Axial [m/s]	39,76	29,0	25,0	21,08
Velocidade Angular [rad/s]	371	273	235	200
Temperatura [K]	543	543	543	543
Teor O_2 [%]	23,15	22,8	25,4	34,8
Teor CO_2 [%]	0,0	77,2	74,6	65,2
Número de *Swirl*	0,6	0,6	0,6	0,6

O tamanho das partículas de carvão foi modelado por uma distribuição probabilística desenvolvida por Rosin-Rammler. A distribuição varia de 75 a 300 μm, sendo que cerca de 77,5% do fluxo total de partículas possuem diâmetro menor de 75 μm, com um fator de dispersão de 5,78. Considerou-se que as partículas sejam esféricas uniformemente distribuídas no orifício de entrada. Na transferência de calor considerou-se as partículas como sendo corpos opacos e negros com emissividade unitária (ANSYS, 2013).

O esquema cinético para a pirólise de partículas de carvão utilizado neste trabalho foi proposto por Silva, *et al.*, (2010), e assume que a carvão mineral é composto de carvão bruto (*raw coal*), cinza (*ash*) e água (umidade). A devolatilização do carvão é modelada, usando o modelo de taxas de Arrhenius em dois passos (Ubayakar, *et al*., 1976), no qual duas diferentes taxas de reação e diferentes rendimentos de desvolatilização competem para produzir a pirólise do carvão bruto. A primeira reação predomina em partículas de temperatura mais baixa e tem um rendimento inferior ao rendimento da segunda reação que domina em temperaturas mais altas. Como resultado, o rendimento final de desvolatilização dependerá do histórico de temperaturas da partícula e aumentará com a temperatura. As cinzas e a água presentes na partícula de carvão podem ser consideradas como impurezas do carvão pois não produzem energia.

Para a combustão da fase gasosa, os modelos *Eddy Dissipation* e *Finite Rate Chemistry* foram combinados para prever as reações de combustão, assim, a taxa efetiva de reação é assumida como o valor mínimo de ambos os modelos. O modelo *Eddy Break-Up* trata-se de uma combinação dos dois modelos anteriores, sendo a taxa limite o menor valor entre as taxas de reações químicas calculada por ambos, é baseado em uma análise fenomenológica de combustão turbulenta assumindo elevados números de Reynolds e Damkohler. O modelo de redução de reações químicas utilizado neste trabalho assume taxas finitas de reações e um processo de estado estacionário de combustão turbulenta de voláteis. Além disso, considera-se que a oxidação seja uma combinação de queima difusiva e com pré-mistura, ocorrendo em duas etapas globais de reações químicas, envolvendo apenas seis espécies principais: O_2, CH_4, N_2, H_2O, CO_2 e CO. Uma equação de conservação é necessária para cada espécie química, exceto o nitrogênio.

Para o escoamento reativo turbulento são resolvidas as equações de transporte de Reynolds, juntamente com o modelo *k-ε*, considerando a conservação de massa, quantidade de movimento, energia e espécies químicas.

Utilizou-se o software comercial Ansys CFX 15, baseado no Método de Volumes Finitos (MVF) de Patankar (1980). O critério de convergência adotado foi o *Root Mean Square* (RMS), obtendo-se valores abaixo de 10^{-4} para todas as variáveis do modelo. A função *power-law* foi adotada de forma a avaliar os fluxos nas superfícies dos volumes de controle. O acoplamento entre pressão e velocidade foi resolvido pelo algoritmo SIMPLE (*Semi Implicit Method for Pressure Linked Equations*) de Patankar (1980). Para a interpolação foi adotada a função *up-wind* com o intuito de reduzir o esforço computacional. Fatores de relaxação foram utilizados, uma vez que as equações de conservação apresentam comportamento não-linear.

3. MODELAGEM DA RADIAÇÃO

3.1 Modelo de Transferência de Calor por Radiação

Neste trabalho utilizou-se o DTRM (*Discrete Transfer Radiation Model* – Modelo de Radiação de Transferência Discreta), ao qual assume que a radiação que deixa a superfície de um elemento em uma determinada gama de ângulos sólidos pode ser aproximada pelo comportamento de um único raio (ANSYS, 2013). Em função da quantidade de partículas no domínio, tanto de cinzas como de carvão, onde tem-se a chama propriamente dita (zonas de altas temperaturas) considera-se o meio como difuso e assim, optou-se por não considerar o efeito do espalhamento para a radiação térmica. A fonte de energia no fluido devido a radiação é então calculada assumindo-se a mudança da intensidade ao longo do percurso para cada raio, que é rastreado através do volume de controle. A acurácia deste modelo é limitada em relação ao número de raios utilizados, sendo que para o presente trabalho 16 raios foram ajustados no Ansys CFX.

3.2 Modelo Espectral GG – *Gray Gas*

Este modelo é um dos mais simples e apresenta limitações, já que para uma espécie química gasosa o coeficiente de absorção sofre grande variação, em função do comprimento de onda. Entretanto trata-se de um modelo muito difundido que pode ser útil em várias aplicações de engenharia, além de reduzir significativamente o esforço computacional requerido.

3.3 Modelo Espectral WSGG - *Weighted Sum of Gray Gases*

No modelo espectral para a contribuição da radiação em meios participantes WSGG, a absorção radiativa e a emissão a partir dos gases pode ser caracterizada pela emissividade como função da temperatura e do produto da pressão parcial pelo comprimento do percurso. No caso do presente trabalho, que envolve processo de combustão, os principais gases responsáveis pela emissão de radiação são o dióxido de carbono e o vapor d'água (ANSYS, 2013).

Os coeficientes de ponderação adotados neste trabalho foram os estipulados por Dorigon, *et al.*, (2013). Assumiu-se para estes coeficientes, avaliados para queima de metano, para uma razão de $_{pH2O/pCO2}$ = 2, mesmo que esta razão das pressões parciais não seja exatamente 2. Para o presente trabalho ainda foi considerado um quinto gás, o qual foi inserido na modelagem para levar em consideração a janela transparente, ou seja, os comprimentos de onda que não são afetados pelo meio. Para misturas de gases e fuligem, o número total de gases cinzas é determinado pela combinação de cada gás cinza original com os gases cinzas da fuligem.

3.4 Radiação da Fuligem

Neste trabalho realizou-se a modelagem dos gases separadamente da fuligem, integrando os coeficientes dentro do WSGG. Assim o número total de gases será o produto do total de gases cinzas e os gases da fuligem. Os coeficientes adotados para a fuligem, seguiram os resultados obtidos por Cassol, *et al.*, (2014)

As partículas sólidas de carvão bruto, cinzas e *char* foram consideradas esféricas, homogêneas, e configuradas como corpos opacos e negros com emissividade unitária. A correlação de transferência de calor entre o escoamento da mistura gasosa e as partículas sólidas adotada foi a de Hanz-Marshall (ANSYS, 2013).

4. MALHA COMPUTACIONAL

A malha computacional foi gerada no software ICEM CFD, realizada com a implementação de volumes tetraédricos e prismáticos, sendo que os prismas foram utilizados somente nas paredes do equipamento. O tipo de malha

utilizado foi o Delaunay qual garante refinamentos de malha onde necessário e mantém volumes maiores onde for possível. A malha foi gerada em três dimensões, como mostra a Fig. 2 em um corte axissimétrico, contando com um número de volumes de controle de aproximadamente $1x10^6$. Utilizou-se um maior refinamento destes volumes na região do queimador e na região aonde se desenvolve a chama. Para gerar o refinamento da malha, adicionou-se nas regiões citadas uma *density*, a qual auxilia na criação de volumes de menor tamanho em uma região específica. Na figura, a, b, c e d representam as regiões com diferentes densidades.

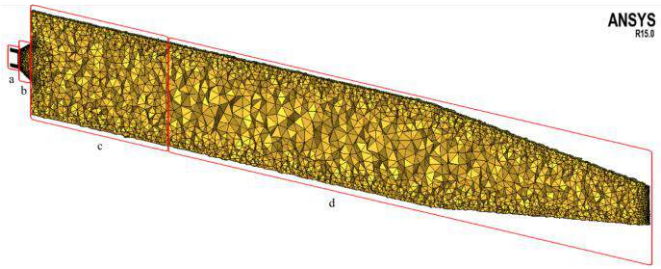


Figura 2 - Malha computacional em corte axissimétrico.

5. RESULTADOS

O modelo espectral de GG é o mais simples entre os modelos espectrais existentes, e, por apresentar grande economia quanto ao esforço computacional, este modelo tem sido utilizado em diversos estudos de casos reais de engenharia. Por este motivo, resolveu-se comparar este modelo com o WSGG, ao qual é um modelo mais complexo e que, portanto, exige um maior esforço computacional.

Quatro ambientes de combustão diferentes foram investigados neste estudo: combustão em condição de ar atmosférico (Caso I), mostrado como Caso de Referência, e três casos em condições de oxi-combustão, RR75%, RR72% e RR65% (Caso II, Caso III e Caso IV, respectivamente). Em todos os casos a carga térmica da CTF foi mantida constante, e as condições de contorno nas entradas primárias e secundárias são mostradas na Tab. 1.

5.1 Distribuição de Temperatura

A mudança de transferência de calor radiativo está ligada à variação de temperatura no interior da fornalha. Uma vez que a radiação é proporcional à quarta potência da temperatura, uma resolução correta do campo de temperaturas é importante na resolução da transferência de calor radiativa.

A mudança nos meios de combustão da queima em ar atmosférico para a oxi-combustão tem impacto significativo nas características e estrutura da chama. A Fig. 3 apresenta uma comparação da distribuição de temperaturas ao longo da linha central da fornalha, para os quatro casos deste estudo, do modelo espectral de GG e do WSGG.

Verifica-se que, apesar da semelhança, o modelo espectral GG teve temperaturas de chama mais altas, comparado ao WSGG, e que ao longo da fornalha as temperaturas de ambos os modelos tendem a se aproximar. Um perfil de distribuição de temperatura semelhante ao Caso Referência (queima em ar atmosférico) é obtido em uma RR de 72%.

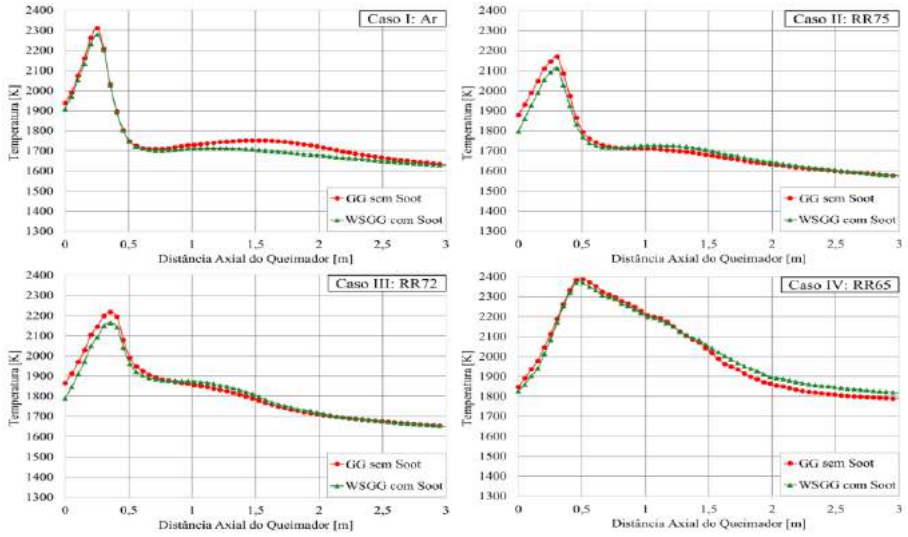


Figura 3 - Distribuição de temperatura ao longo da linha central da CTF.

5.2 Transferência de Calor por Radiação

A Fig. 4 mostra um comparativo, para os quatro casos em estudo, da interferência dos modelos espectrais, modelo de radiação GG (sem considerar a fuligem) e o modelo WSGG (considerando a fuligem) sobre o comportamento da chama, fazendo-se comparativo com dados da intensidade da radiação em um plano vertical ao eixo central da fornalha.

Como esperado, observa-se que em todos os casos no modelo espectral de radiação GG a intensidade da radiação foi aproximadamente 12% maior que no WSGG. A diferença justifica-se devido ao fato de que no modelo espectral WSGG a absorção radiativa e a emissão a partir dos gases é caracterizada pela emissividade como função da temperatura e do produto da pressão parcial pelo comprimento do percurso, já no modelo GG, considera-se que o coeficiente de absorção seja independente do número de onda, podendo assumir com isso, um valor constante, aqui 0,5 m^{-1}. Isso torna o modelo espectral GG mais simples, porém impõe limitações, uma vez que o coeficiente de absorção experimenta grande variação para uma espécie química, o que o faz menos preciso que o WSGG.

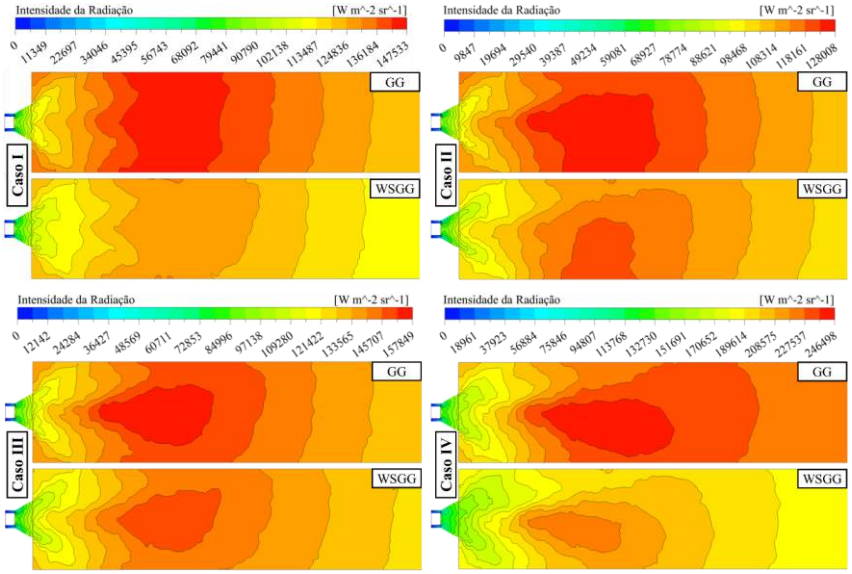


Figura 4 – Intensidade da radiação em um plano vertical ao eixo central da fornalha.

Os resultados do fluxo de calor radiativo na parede da CTF são mostrados na Fig. 5. Na imagem é comparado os resultados obtidos no presente trabalho para o modelo espectral GG com o WSGG. Além disso, a fim de validar o modelo os resultados são comparados também com dados experimentais mensurados por Smart, *et al.*, (2010b) e com os resultados obtidos através de simulações numéricas por Naser e Bhuiyan (2015a).

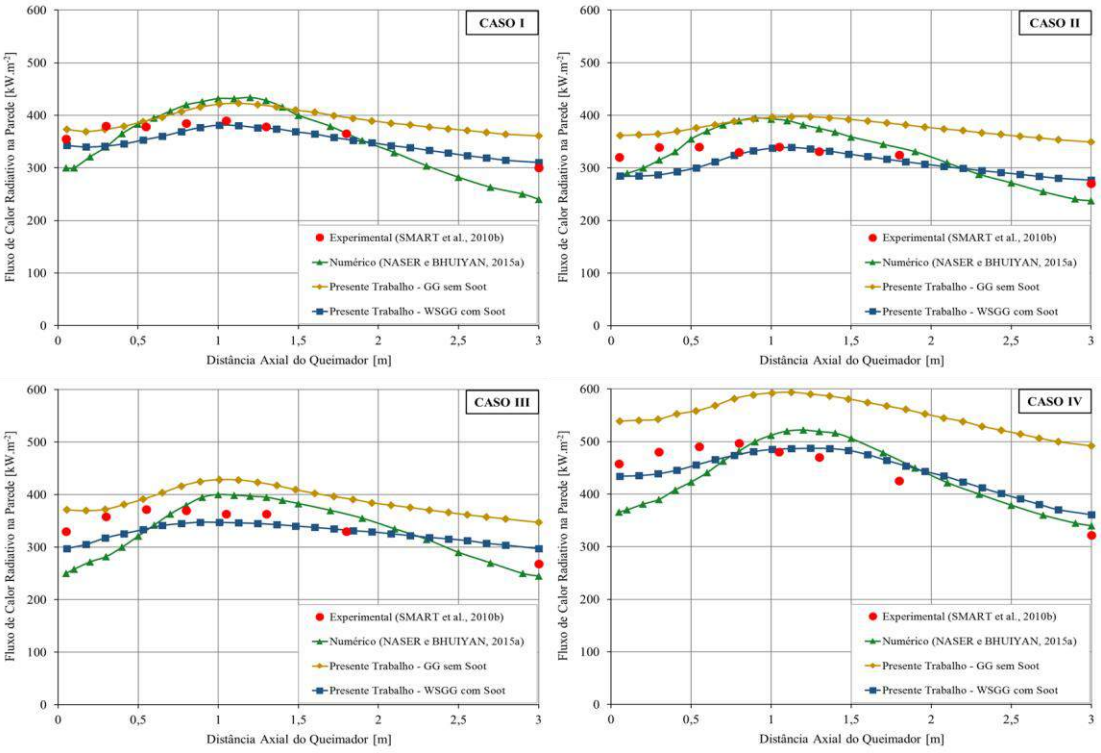


Figura 5 – Distribuição do fluxo de calor radiativo na parede da CTF.

Os resultados mostram que o fluxo de calor radiativo é significativamente afetado pela RR. É visto para esses casos, que à medida que a RR aumenta o fluxo de calor radiativo é reduzido. A variação no fluxo de calor radiativo pode ser

explicada com base no ambiente enriquecido em O_2, ou seja, quando a concentração de O_2 é aumentada, reduzindo a RR, a radiação também aumenta, melhorando a combustão. Além do mais, a capacidade calorífica do CO_2 contribui para as propriedades emissivas da chama, ou seja, quando a RR diminui, o calor específico do gás de combustão também reduz (devido ao fato de o calor específico do CO_2 ser maior), resultando em uma temperatura maior, o que amplia a intensidade da radiação no interior da fornalha. Os resultados para o fluxo de calor radiativo mostram que se obtém uma distribuição equivalente ao Caso de Referência para uma RR de 72%.

O fluxo de calor radiativo encontrado para o modelo gás cinza foi 12%, 23%, 19%, 25% maior que o encontrado para o WSGG, para os Casos I, II, III e IV, respectivamente. Através disso, fica evidente, para todos os casos, que o modelo espectral WSGG obteve melhores resultados, mais próximos aos experimentais, tendo com isso maior precisão comparado ao modelo de gás cinza, GG, fato que pode ser conferido na Tab. 2, que mostra a discrepância média entre os resultados obtidos por Naser e Bhuiyan (2015a) e no presente trabalho para o modelo espectral de GG (GG sem *Soot*) e o WSGG (WSGG com *Soot*) comparados aos dados experimentais mensurados por Smart, *et al.*, (2010b).

Constata-se que a discrepância média, considerando o modelo WSGG, foi 152%, 89%, 65% e 73% menor, para os Casos I, II, III e IV, respectivamente, do que os resultados obtidos por Naser e Bhuiyan (2015a), o que comprova a eficácia da modelagem numérica utilizada nesse trabalho para descrever o processo de combustão estudado. Portanto, as previsões de CFD são consideradas como fornecendo uma boa representação da transferência de calor radiativa na fornalha.

Tabela 2 – Discrepância média dos resultados em comparação com os dados experimentais de Smart, *et al.*, (2010b).

Caso	Naser e Bhuiyan (2015a)	Presente Trabalho *GG* sem *Soot*	Presente Trabalho WSGG com *Soot*
Caso I – Ar	10,27%	7,94%	4,08%
Caso II – RR75%	11,00%	16,62%	5,82%
Caso III – RR72%	12,08%	14,76%	7,34%
Caso IV – RR65%	10,60%	24,52%	6,14%

6. CONCLUSÃO

Contatou-se que a mudança no ambiente de combustão causa grande impactos na estrutura da chama e na transferência de calor radiativa para as paredes da câmara do CTF. Os resultados indicam que, para o fluxo de calor radiativo e a distribuição de temperaturas, o Caso III apresentou distribuições semelhantes ao Caso I. O Caso IV teve a maior temperatura de chama, assim como a maior intensidade de radiação, consequentemente, maior fluxo de calor radiativo. Verificou-se que o modelo espectral de WSGG descreveu mais eficientemente a transferência de calor por radiação nas paredes da fornalha, e que a discrepância média, encontrada foi 152%, 89%, 65% e 73% menor, para os Casos I, II, III e IV, respectivamente, quando comparada aos resultados obtidos por Naser e Bhuiyan (2015a), o que comprova a eficácia da modelagem numérica utilizada nesse trabalho para descrever o processo de combustão estudado.

7. BIBLIOGRAFIA

ANSYS, 2013. “Inc. User's guide - CFX Solver Theory”.

Cassol, F.; Brittes, R.; França, F. H. R.; Ofodike, A.; Ezekoye, A., 2014. “Application of the weighted-sum-of-gray-gases model for media composed of arbitrary concentrations of H_2O, CO_2 and soot”. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 79, p. 796-806.

Dorigon, L. J.; Duciak, G.; Brittes, R.; Cassol, F.; Galarça, M.; França, F. H. R., 2013 “WSGG correlations based on HITEMP2010 for computation of thermal radiation in non-isothermal, non-homogeneous H_2O/CO_2 mixtures”. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. Vol. 64, p. 863-873.

Naser, J.; Bhuiyan, A.A., 2015a. “Numerical modelling of oxy fuel combustion, the effect of radiative and convective heat transfer and burnout”. *Fuel.* Vol. 139, p. 268–284.

Silva, C. V.; Indrusiak, M. L. S.; Beskow, A. B., 2010. “CFD analysis of the pulverized coal combustion processes in a 160 MWe tangentially-fired-boiler of a thermal power plant”. *Journal of the Brazilian Soc. Mechanical Sciences. & Eng.* Vol. XXXII, n. 4, p. 328-336.

Smart, J.P.; Patel, R.; Riley, G.S., 2010b. “Oxy-fuel combustion of coal and biomass, the effect on radiative and convective heat transfer and burnout”. *Combustion and Flame*. Vol. 157(12), p. 2230–40.

Ubhayakar, S. W.; Stickler, D. B.; Rosenberg J. R.; Gannon, R. E., 1976. “Rapid Devolatilization of Pulverized Coal in Hot Combustion Gases”. *Proceedings of the Combustion Institute*. p. 427-436.

8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso neste *paper*.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DE UMA CAMADA-LIMITE PERTURBADA POR UMA RUGA TRIANGULAR UTILIZANDO SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Régis Debastiani
Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
rgisdebastiani@hotmail.com; marco@uricer.edu.br
Gian Marcos Gatti
Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Florianópolis
gian.m.mg@gmail.com

Resumo. *Neste artigo serão apresentadas algumas comparações dos resultados obtidos por meio da simulação numérica da camada-limite perturbada por uma ruga triangular através do método de volumes finitos com valores empíricos obtidos pela técnica PIV (Velocimetria por Imagem de Partículas). As simulações numéricas foram realizadas em 3D, com a identificação dos campos de velocidade do escoamento para dois casos, com o uso da geração de vetores. Para os dois casos foram utilizadas as velocidades de corrente livre do fluido de 0,32 e 0,4 [m/s] como realizado empiricamente. Após essa etapa, foi plotado o gráfico da componente da velocidade do escoamento na direção x, u versus a distância y do ponto analisado em relação à parede, fazendo assim também a comparação de resultados.*

Keywords: *Simulação numérica, Camada-limite, Sub-camada viscosa, Ruga.*

1. INTRODUÇÃO

Camadas limite turbulentas sobre placas planas são frequentemente encontradas em aplicações ambientais e industriais e, por esta razão, elas têm sido estudadas intensivamente. Porém quando há a presença de uma ruga interferindo o escoamento do fluido, o problema de entendimento do seu comportamento fica um pouco mais complexo. Na natureza, alguns exemplos são o ar escoando sobre rugas e dunas no deserto, e escoamentos fluviais na presença de dunas. Na indústria, exemplos estão relacionados aos escoamentos sobre dunas em dutos fechados como escoamentos de petróleo nas linhas de produção, escoamento em linhas de dragagem, trocadores de calor e escoamentos em sistemas de esgoto.

Serão apresentadas a seguir algumas comparações nos resultados obtidos por meio da simulação numérica com valores empíricos obtidos por meio da técnica PIV (Velocimetria por Imagem de Partículas). A simulação numérica foi realizada em 3D, com a identificação dos campos de velocidade do escoamento para os dois casos, com o uso da geração de vetores, usando também velocidades de corrente livre do fluido de 0,32 e 0,4 [m/s] como realizado empiricamente. As simulações foram feitas em regime permanente, onde suas propriedades não variam ao longo do tempo, e em regime transiente.

2. CAMADA-LIMITE

Todo fluido real é viscoso. As observações experimentais mostram que quando um fluido escoa paralelamente a uma superfície, as partículas do fluido em contato com a superfície aderem a esta devido a condição de não escorregamento. A velocidade relativa fluido-placa, na superfície (y=0), é zero, u=0. Na Fig. 1, apresenta-se um esquema representativo do perfil de velocidade para um escoamento em regime laminar paralelo a uma placa em repouso. As partículas do fluido aderidas à superfície, em y=0, exercem sobre as demais um efeito de frenagem que diminui, à medida que *y* aumenta até se atingir a região II, onde a velocidade do escoamento é quase uniforme. A região em que a velocidade varia com *y* foi originalmente introduzida por Ludwig Prandtl em 1904 é chamada de camada limite (Passos, 2010).

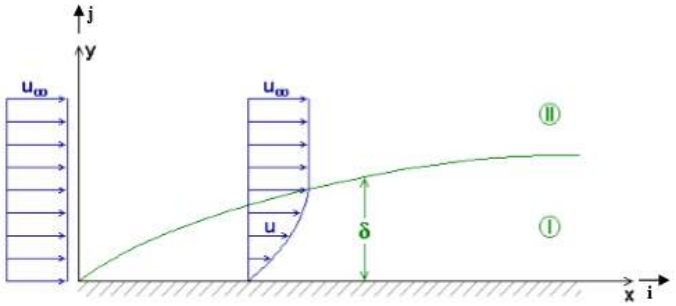


Figura 1 - Desenho esquemático do perfil de velocidade sobre uma placa plana, na camada limite laminar, região I, e no seu exterior, região II.

Jackson e Hunt (1975) propuseram a divisão da camada-limite em duas regiões distintas, conforme ilustrado na Fig. 2.

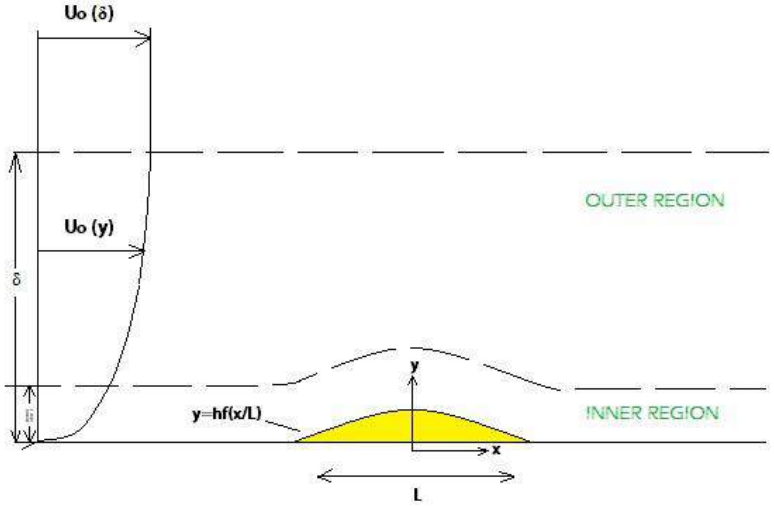


Figura 2 – Divisão da camada limite.

A divisão proposta ocorre da seguinte maneira. A região interna (*Inner Region*) encontra-se em equilíbrio local. A espessura não varia significativamente ao longo da ruga e as perturbações são causadas pelo campo de pressão da região externa. A região externa (*Outer Region*) por sua vez, tem escoamento em condição de não equilíbrio e não é afetado pelas tensões de cisalhamento, podendo apresentar solução potencial.

A maior parte da perturbação ocorre na região interna, sendo que a evolução longitudinal da perturbação tem um pico a montante da crista do leito.

Foi proposto por Hunt, *et al.*, (1988) uma subdivisão das regiões interna e externa. A região interna seria subdividida em:

- Camada superficial interna: O escoamento é determinado pela pressão e efeitos de cisalhamento, sendo essa a região de contato com a superfície do leito.
- Camada de tensão de cisalhamento: Próxima da região externa, com escoamento determinado pela pressão, cisalhamento e efeitos inerciais (região onde ocorre a velocidade máxima de perturbação).

Por sua vez, a região externa fica subdividida da seguinte maneira:

- Camada superior: Escoamento aproximadamente potencial, sendo esse dominado pelos efeitos de pressão.
- Camada do meio: Cisalhamento dominante, escoamento não-viscoso e rotacional.

3. EXPERIMENTO EMPÍRICO PELA TÉCNICA DE PIV

O experimento em um canal de fluxo perturbado por uma colina triangular foi realizado empiricamente por Cúñez e Franklin (2016) onde os autores descrevem completamente o problema que está sendo estudado neste projeto, então o mesmo foi aceito como base para validação dos resultados obtidos por meio da simulação numérica.

O dispositivo experimental consiste basicamente em um reservatório de água, onde ela é bombeada para um canal de 5 m de comprimento, onde haverá a presença de uma ruga triangular após decorridos 3 m. Nesta seção de presença da obstrução do fluxo, uma câmera que compõe a técnica de PIV está instalada para a visualização efetiva do comportamento do escoamento. Na fig. 3 é mostrado o esquema do dispositivo utilizado por Cúñez e Franklin (2016).

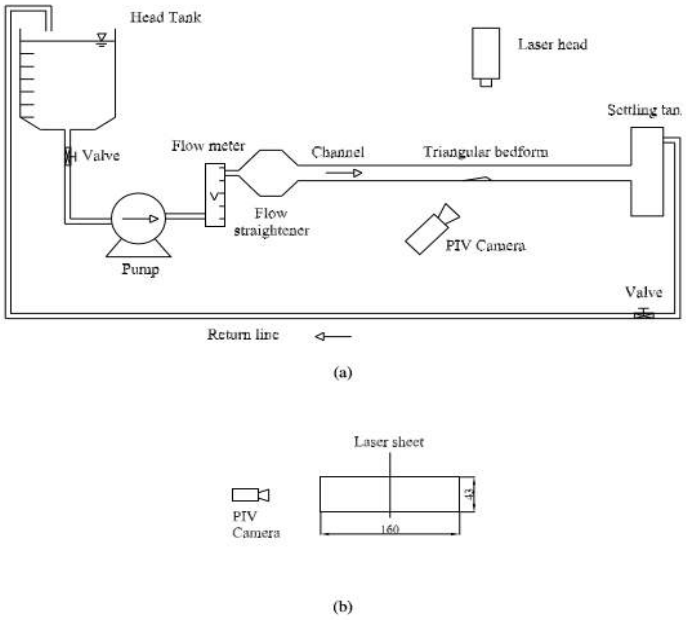


Figura 3 – Desenho esquemático do dispositivo de estudo (a) Vista geral, (b) seção percorrida pela câmera.

Após a captura das imagens, elas são enviadas para um computador de alta capacidade, para que os resultados e gráficos de análise possam ser gerados.

Para o procedimento, foram utilizadas duas vazões volumétricas *Q*, de 8 e 10 [m³/h] equivalendo para essa determinada geometria do duto em velocidade de corrente livre do fluido *u* de 0,32 e 0,4 [m/s] respectivamente.

O formato da ruga triangular utilizada é a mesma que foi utilizada nas simulações e é mostrada na Fig. 4.

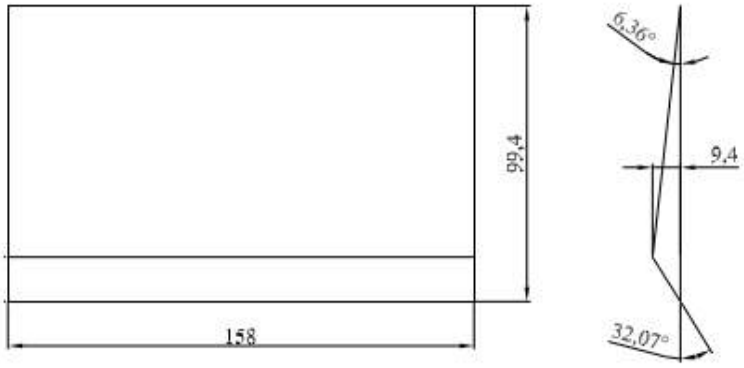


Figura 4 – Perfil triangular utilizado no modelo da ruga.

4. PROCEDIMENTO DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Para a geração dos resultados por meio da simulação numérica, foi utilizada a plataforma *Workbench* do pacote comercial *ANSYS Fluent* versão 16.0. Nela, primeiramente foi realizado o desenho da geometria e parâmetros idênticos aos de referência, no formato 3D.

Após essa etapa, foi realizada a geração da malha computacional. Esta etapa é de suma importância para a qualidade dos resultados que serão obtidos após a simulação computacional, onde quanto maior o refinamento da malha em regiões de elevados gradientes de propriedades, mais próximo com a física do fenômeno estudado os resultados obtidos numericamente serão. Entretanto é importante saber o refinamento adequado para cada simulação, porque após certo ponto os valores já estarão convergidos e haverá esforço computacional desnecessário.

Como o estudo deste trabalho se refere a camada limite, e ela é muito delgada e de difícil obtenção, foi feita uma malha com maior densidade na parte próxima da superfície para que não haja nenhum risco de ser obtido algum resultado mascarado, que não seja realmente representativo à física do problema. A malha utilizada é de forma triangular, por possuir uma maior precisão e rapidez nas interações computacionais.

Nota-se na Fig. 5 que há uma camada da malha que varia em relação ao restante da geometria, isso ocorre por conta do uso da ferramenta *inflation* presente no *software*, que provoca um crescimento da camada de volume de controle em referência ao anterior. Nesta ferramenta também foi inserido o valor de y^+ que basicamente representa a distância do primeiro volume de controle (espessura) em relação à parede. O mesmo depende da tensão de cisalhamento. Uma calculadora online foi utilizada para determinar a espessura do primeiro volume da malha, levando em consideração propriedades do fluido como: velocidade de corrente livre, massa específica, viscosidade dinâmica, comprimento da camada limite e o valor de y^+ desejado, que é de 0,95, sendo menor de 1, representando o estudo da camada viscosa.

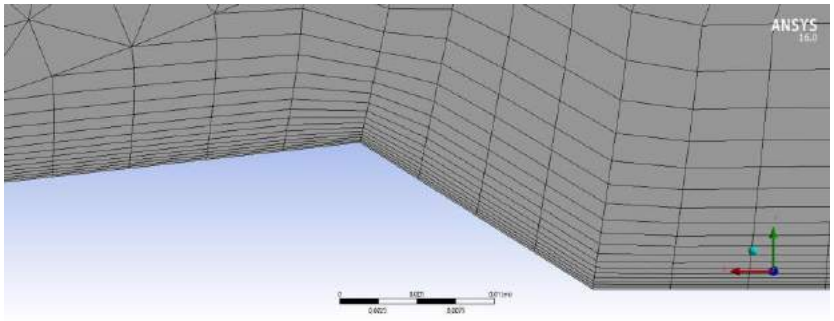


Figura 5 – Detalhe do refino feito próximo a parede.

5. SETUP

O *software ANSYS Fluent* v.16 foi utilizado para as simulações. Para o problema de fechamento da turbulência o modelo utilizado é o *Transition* SST de 4 equações em regime transiente, justamente por ser o modelo indicado para números de $y^+ < 1$. O fluido analisado é a água, com uma velocidade de entrada de 0,4 e 0,32 [m/s]. A condição de simetria é aplicada nas paredes laterais e a condição de parede é dita na região em que se deseja analisar a camada-limite, além da parede superior.

O teste de independência de malha para esse caso não se mostra necessário, pois, trata-se de uma geometria simples, sendo assim, por maior que seja o refinamento aplicado, o tempo de simulação será minimamente alterado.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serão apresentados alguns resultados comparativos obtidos por meio da simulação numérica realizada neste trabalho com o experimento realizado empiricamente.

Próximo da superfície ondulada e a jusante da crista, existe uma bolha de recirculação perto da ondulação. A montante da crista, a velocidade *v (*componente y da velocidade) do fluido é dirigida para cima e a perturbação de *u* (componente x da velocidade) é mais forte do que longe da superfície (Cúñez and Franklin, 2016).

Após realizada a simulação computacional, o resultado pôde ser comparado. Na Fig. 6 pode ser visto os vetores de velocidade gerados computacionalmente.

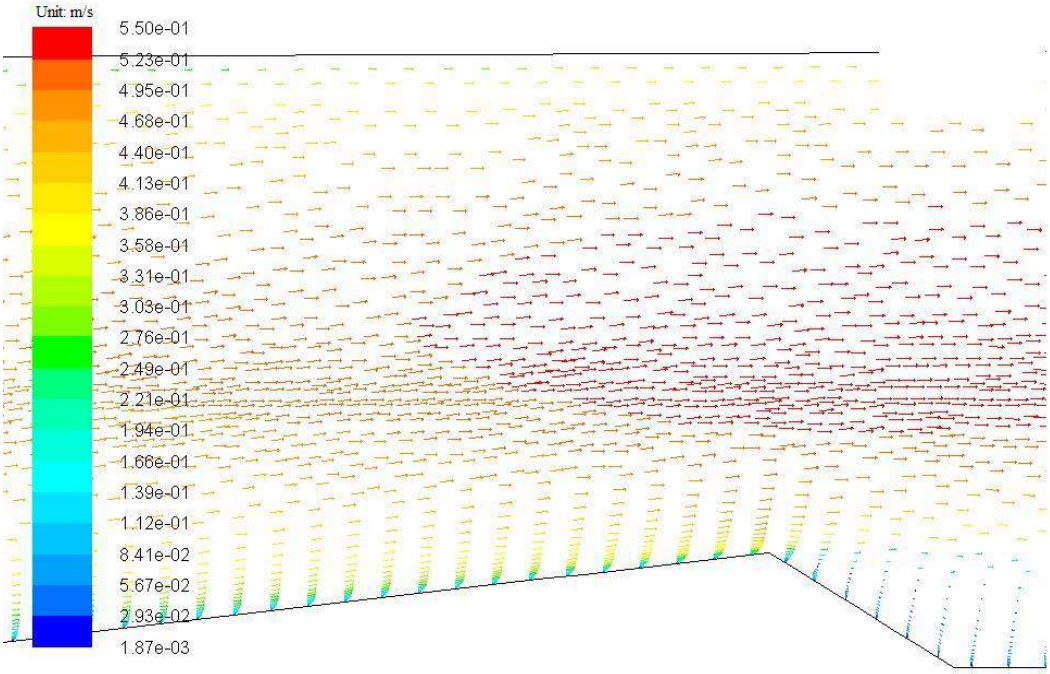


Figura 6 – Vetores de velocidade gerados após simulação numérica (inferior) com *zoom* para melhor visualização da recirculação.

Observando a Fig. 6, é possível perceber a semelhança entre os valores gerados pelo método empírico utilizado por Cúñez e Franklin, com os resultados numéricos, concluindo que a simulação computacional foi corretamente realizada e resultando em valores aceitos como reais.

A velocidade do fluido representado na parte da seção transversal do duto que se encontra na cor vermelha, é aproximadamente 25% maior que a de corrente livre pré-estabelecida no início da simulação. Isso ocorre pelo fato do cumprimento da lei de conservação da massa do fluido em escoamento, que com o estreitamento da seção causada pela ruga, ocorre um acréscimo na velocidade do líquido.

Na parte onde os vetores estão representados pela cor azul mais intensa, demonstra que a velocidade do fluido é nula, o que segue a lei de não escorregamento do fluido por atrito na parede. Acontece por conta dos efeitos viscosos presentes nos fluidos, formando assim a camada-limite.

Outro parâmetro analisado para se entender a concordância dos resultados é o gráfico da componente do vetor velocidade *u* [m/s] em relação à distância *y* [m] da parede. Na Fig. 7 pode ser visto este resultado encontrado por Cúñez and Franklin (2016).

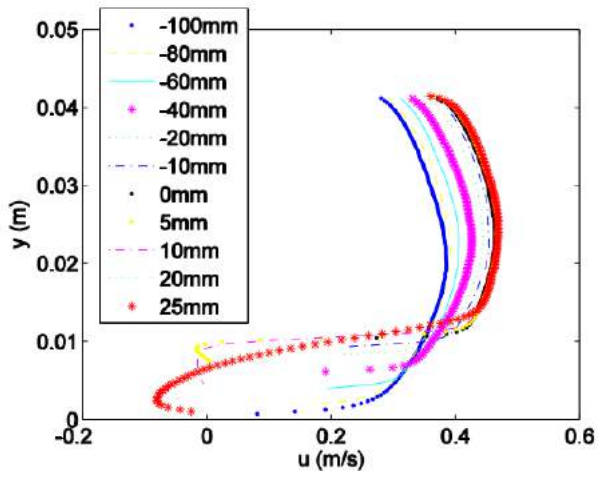


Figura 7 – Gráfico de velocidade *u* versus distância *y* empírico.

Na fig. 8 o gráfico gerado após as simulações é mostrado.

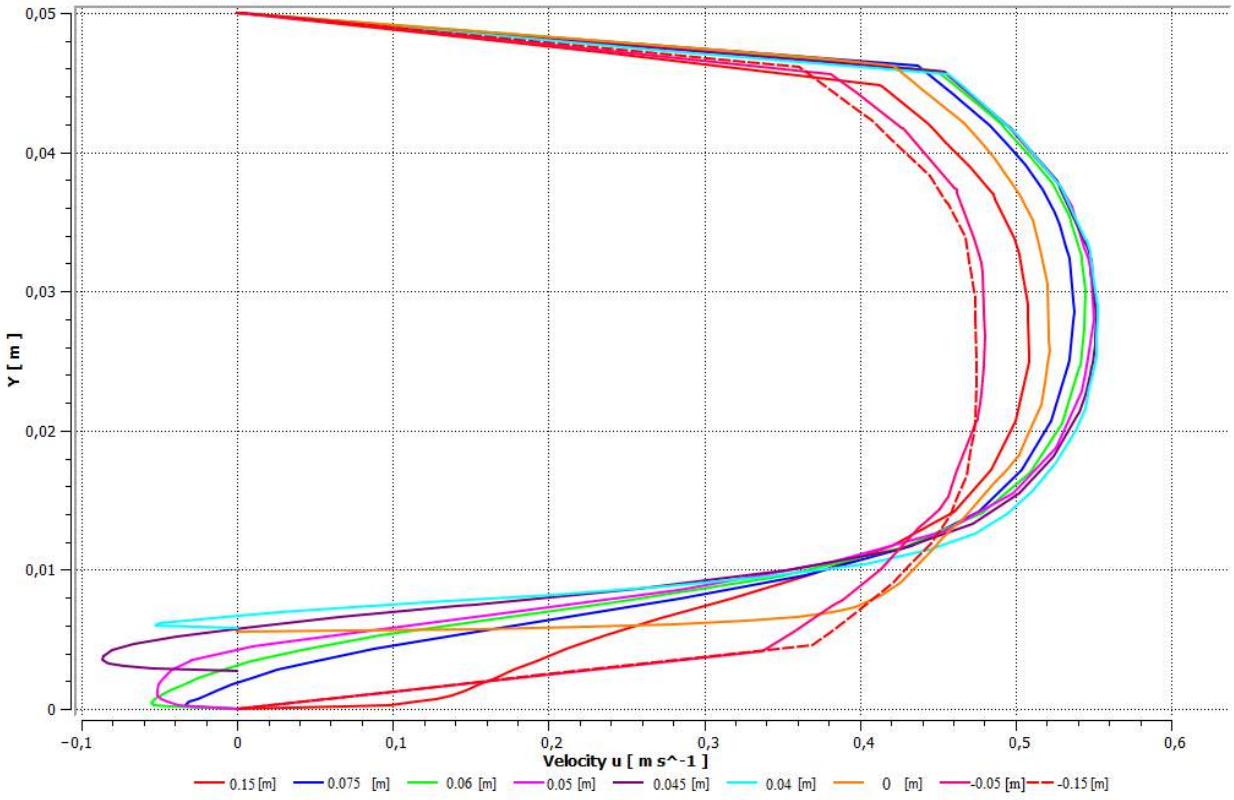


Figura 8 – Velocidade em função da distância *y* da parede.

Pode-se notar na Fig. 8 uma pequena distorção nas linhas geradas comparadas com a Fig. 7, causadas por não ter sido levado em conta a rugosidade do material simulado, onde no experimento empírico o material utilizado como parede do escoamento era de placas de PVC. Os valores das distâncias utilizadas para a geração do gráfico que possuem sinal negativo, porque o ponto de referência utilizado é do pico da ruga triangular. Pode-se notar também que houve as recirculações do fluido como esperado, e as velocidades máximas de corrente do escoamento são bem próximas ao experimental.

7. CONCLUSÕES

A simulação computacional é uma ferramenta que possibilita analisar fenômenos físicos através de *softwares* que utilizam equações de conservação para resolver esses casos de forma iterativa. Foi desenvolvido o modelo de análise em 3D (tridimensional) seguindo a geometria utilizada no experimento realizado empiricamente que serviu de base para este estudo.

O fluido considerado para as simulações foi a água e o modelo de turbulência foi o *Transition* SST de 4 equações em regime transiente, pois o caso estudado é para um valor de $y^+ < 1$, ou seja, analisando a subcamada viscosa.

Os valores obtidos numericamente foram como o previsto, onde apresentam boa concordância com os resultados obtidos experimentalmente com o uso da técnica de PIV. Portanto pode-se concluir que o método de simulação numérica foi modelado corretamente. Os valores obtidos numericamente são condizentes com a realidade, o que deve ser fundamental para qualquer simulação computacional. A pequena divergência obtida é aceita devido ao fato de não ter sido levado em conta no momento da simulação a rugosidade do material utilizado empiricamente, que era de placas de PVC. Este fator é facilmente resolvido com a inserção deste parâmetro no momento de *setup* do *software*.

8. REFERÊNCIAS

Cúñez, F. and FRANKLIN E., 2016. *Experiments on the perturbation of a channel flow by a triangular hill.* 18th International Symposium on the Aplication of Laser and Imaging Techniques to Fluid Mechanics, Lisboa, Portugal.

Hunt, J.C.R., Leibovich S., Richrds K.J., 1988. *Turbulent shear flow over hills,* Quart. J. R. Met. Soc., 114, 1435.

Jackson, P.S., Hunt J.C.R, 1975. *Turbulent wind flow over a low hill,* 1975. Quart. J. R. Met. Soc., 101,929.

Kroy, K., Sauermann G., Herrmann, H.J., 2002. *Minimal model for aeolian sand dunes,* Phys. Rev. E.,66(031302).

Passos, J.C., 2010. *O conceito de camada limite: uma revisão crítica de livros texto de transferência de calor***.** VI

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DE UMA CAMADA-LIMITE PERTURBADA POR UMA RUGA TRIANGULAR COM VARIAÇÃO DE RAZÃO DE ASPECTO UTILIZANDO SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Gian Marcos Gatti
Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Florianópolis
gian.m.mg@gmail.com
Régis Debastiani
Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim
rgisdebastiani@hotmail.com; marco@uricer.edu.br

Resumo. *Neste artigo será apresentado o comportamento da camada-limite perturbada por uma ruga triangular, analisando a influência da variação da razão de aspecto em seu formato usando simulação numérica computacional. Para isso, as razões de aspecto utilizadas serão nos valores de 0,02, 0,03, 0,04 e 0,048, sendo que essas respeitam o valor máximo de 0,05 estabelecido por pesquisadores para que os métodos assintóticos possam ser utilizados no estudo deste caso e validá-lo. Será estudada a velocidade do fluxo sobre a crista da colina e também à jusante, discutindo os efeitos gerados pela variação da razão de aspecto.*

Palavras-chave: *Simulação numérica, Camada-limite, Sub-camada viscosa, Razão de aspecto, Mecânica dos Fluidos.*

1. INTRODUÇÃO

Camadas limite turbulentas sobre placas planas são frequentemente encontradas em aplicações ambientais e industriais e, por esta razão, elas têm sido estudadas intensivamente. Porém quando há a presença de uma ruga interferindo o escoamento do fluido, o problema de entendimento do seu comportamento fica um pouco mais complexo. Na natureza, alguns exemplos são o ar escoando sobre rugas e dunas no deserto, e escoamentos fluviais na presença de dunas. Na indústria, exemplos estão relacionados aos escoamentos sobre dunas em dutos fechados como escoamentos de petróleo nas linhas de produção, escoamento em linhas de dragagem, trocadores de calor e escoamentos em sistemas de esgoto.

Serão apresentados a seguir resultados obtidos por meio da simulação numérica referente à influência da variação da razão de aspecto no formato de rugas presentes em escoamentos de fluidos. A simulação numérica foi realizada numa geometria 2D, com a identificação dos campos de velocidade para os oito casos estudados. As simulações foram feitas em regime transiente, onde suas propriedades variam ao longo do tempo.

2. CAMADA-LIMITE

Todo fluido real é viscoso. As observações experimentais mostram que quando um fluido escoa paralelamente a uma superfície, as partículas do fluido em contato com a superfície aderem a esta devido a condição de não escorregamento. A velocidade relativa fluido-placa, na superfície (y=0), é zero, u=0. Na Fig. 1, apresenta-se um esquema representativo do perfil de velocidade para um escoamento em regime laminar paralelo a uma placa em repouso. As partículas do fluido aderidas à superfície, em y=0, exercem sobre as demais um efeito de frenagem que diminui, à medida que y aumenta até se atingir a região II, onde a velocidade do escoamento é quase uniforme. A região em que a velocidade varia com y foi originalmente introduzida por Ludwig Prandtl em 1904 é chamada de camada limite (Passos, 2010).

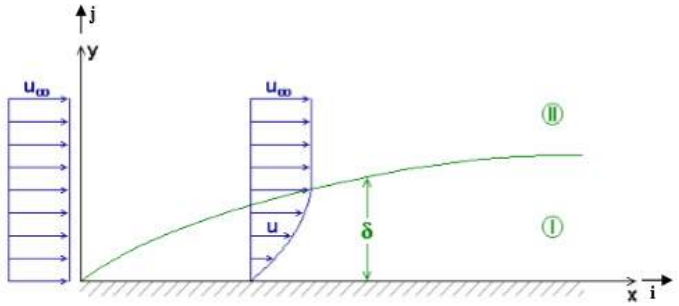


Figura 1 - Desenho esquemático do perfil de velocidade sobre uma placa plana, na camada limite laminar, região I, e no seu exterior, região II.

Jackson e Hunt (1975) propuseram a divisão da camada-limite em duas regiões distintas, conforme ilustrado na Fig. 2.

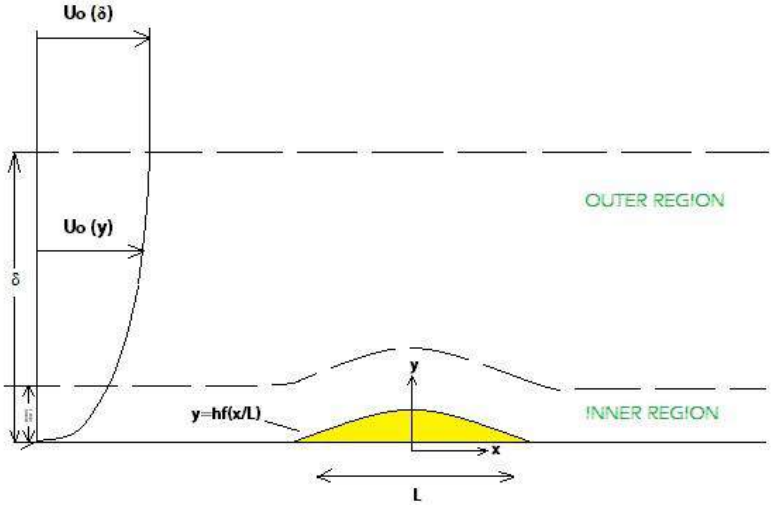


Figura 2 – Divisão da camada limite.

A divisão proposta ocorre da seguinte maneira. A região interna (*Inner Region*) encontra-se em equilíbrio local. A espessura não varia significativamente ao longo da ruga e as perturbações são causadas pelo campo de pressão da região externa. A região externa (*Outer Region*) por sua vez, tem escoamento em condição de não equilíbrio e não é afetado pelas tensões de cisalhamento, podendo apresentar solução potencial.

A maior parte da perturbação ocorre na região interna, sendo que a evolução longitudinal da perturbação tem um pico a montante da crista do leito.

Entretanto, (Hunt *et al.* 1988) propuseram ainda uma subdivisão das regiões interna e externa. A região interna seria subdividida em:

- Camada superficial interna: O escoamento é determinado pela pressão e efeitos de cisalhamento, sendo essa a região de contato com a superfície do leito.
- Camada de tensão de cisalhamento: Próxima da região externa, com escoamento determinado pela pressão, cisalhamento e efeitos inerciais (região onde ocorre a velocidade máxima de perturbação).

Por sua vez, a região externa fica subdividida da seguinte maneira:

- Camada superior: Escoamento aproximadamente potencial, sendo esse dominado pelos efeitos de pressão.
- Camada do meio: Cisalhamento dominante, escoamento não-viscoso e rotacional.

Hunt *et al.* (1988) também mostrou que além da velocidade máxima de perturbação ocorrer na camada de tensão de cisalhamento, mostrou que próximo à superfície o aumento relativo da tensão na superfície é maior que o da velocidade.

Sauermann (2001) e Kroy *et al.* (2002) estudaram a tensão na superfície e obtiveram uma expressão que contém apenas os efeitos físicos dominantes da perturbação, deixando clara as razões da sua defasagem a montante. Para uma

ruga com altura local h e um comprimento 2L entre os comprimentos médios (comprimento total ≈ 4L). Eles mostraram, na Eq. (1), que a perturbação da tensão de cisalhamento longitudinal (adimensional) é:

$$\hat{\tau}_x = A\left(\frac{1}{\pi}\int \frac{\partial_x h}{x-\xi}d\xi + B_e \partial_x h\right) \quad (1)$$

onde ζ é uma variável de integração e A e B_e são consideradas constantes, uma vez que variam com o logaritmo de L/y_0. O primeiro termo entre parênteses, o produto de convolução, é simétrico, semelhante à solução potencial da perturbação do escoamento por uma ruga. Ele vem das perturbações de pressão causadas pela ruga na região externa. O segundo termo entre parênteses, que leva em conta a inclinação local, é anti-simétrico. Ele vem dos termos inerciais não-lineares do escoamento turbulento e pode ser visto como uma correção de segunda ordem da solução potencial, com menor variação na amplitude da solução de primeira ordem, mas causando uma defasagem à montante.

Formalmente, Jackson e Hunt (1975), Hunt, *et al.*, (1988) dizem que os métodos assintóticos estudados são aplicados a rugas com razões de aspecto menores de 0,05. Já Carruthers e Hunt (1990) mostraram que resultados razoáveis são obtidos quando aplicados a inclinações de até 0,3. A razão de aspecto pode ser calculada com o uso da Eq. (2):

$$h_{máx}(4L)^{-1} < 0{,}05 \quad (2)$$

com $h_{máx}$ sendo a altura máxima da ruga [mm] e L a largura da colina de uma extremidade até a outra, tendo ainda 4L representando o comprimento total do leito da camada-limite formada.

3. PROCEDIMENTO DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Para a geração dos resultados por meio da simulação numérica, foi utilizada a plataforma *Workbench* do pacote comercial *ANSYS Fluent* versão 16.0. Nela, primeiramente foi realizado o desenho da geometria e parâmetros idênticos aos de referência, no formato 2D.

Nos oito casos estudados, as razões de aspecto variaram de 0,02 até 0,048 respeitando o valor máximo de 0,05 como descrito anteriormente para que os métodos assitóticos de estudo do comportamento da camada-limite possa ser aplicado com a devida coerência. Os valores utiulizados para a geometria da ruga estão sendo ilustradas na Tab. 1 a seguir.

Tabela 1 – Parâmetros utilizados nas simulações computacionais em relação à forma da ruga.

	Razão de aspecto RA	**Comprimento *L* (mm)**	**Altura da ruga $h_{máx}$ (mm)**
1	0,04	70	11,2
2	0,03	70	8,4
3	0,02	70	5,6
4	0,04	84,375	13,5
5	0,03	112,5	13,5
6	0,02	168,75	13,5
7	0,048	140	27
8	0,048	70	13,5

Após essa etapa, foi realizada a geração da malha computacional. Esta etapa é de suma importância para a qualidade dos resultados que serão obtidos após a simulação computacional, onde quanto maior o refinamento da malha em regiões de elevados gradientes de propriedades, mais próximo com a física do fenômeno estudado os resultados obtidos numericamente serão. Entretanto é importante saber o refinamento adequado para cada simulação, porque após certo ponto os valores já estarão convergidos e haverá esforço computacional desnecessário.

Como o estudo deste trabalho se refere a camada limite, e ela é muito delgada e de difícil obtenção, foi feita uma malha com maior densidade na parte próxima da superfície, para que não haja nenhum risco de ser obtido algum

resultado mascarado, que não seja realmente representativo à física do problema. A malha utilizada é de forma triangular, por possuir uma maior precisão e rapidez nas interações computacionais.

Nota-se na Fig. 3 que há uma camada da malha que varia em relação ao restante da geometria, isso ocorre por conta do uso da ferramenta *inflation* presente no *software*, que provoca um crescimento da camada de volume de controle em referência ao anterior, fazendo com que a diferença de tamanho dos volumes cresça de forma suavizada. Nesta ferramenta também foi inserido o valor de y^+ que basicamente representa a distância do primeiro volume de controle (espessura) em relação à parede. O mesmo depende da tensão de cisalhamento. Uma calculadora online foi utilizada para determinar a espessura do primeiro volume da malha, levando em consideração propriedades do fluido como: velocidade de corrente livre, massa específica, viscosidade dinâmica, comprimento da camada limite e o valor de y^+ desejado, que é de 0,95, sendo menor de 1, representando o estudo da camada viscosa.

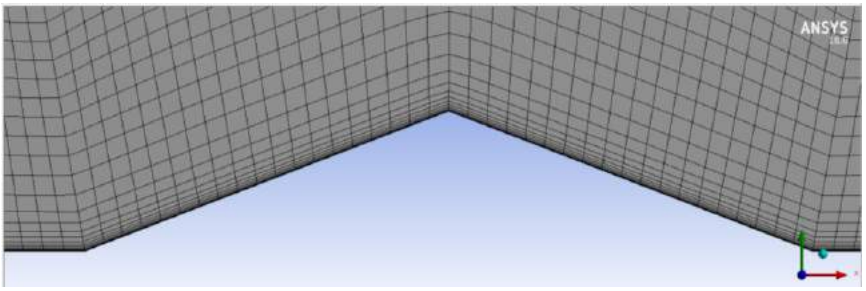


Figura 3 – Vista do refino feito próximo à superfície onde está localizada a ruga.

4. SETUP

O *software ANSYS Fluent* v.16 foi utilizado para as simulações. Para o problema de fechamento da turbulência o modelo utilizado é o *Transition* SST de 4 equações em regime transiente, justamente por ser o modelo indicado para números de $y^+ < 1$. O fluido analisado é o ar com uma velocidade de entrada de 6 [m/s]. A condição de parede é dada para todo o domínio, com exceção da região de entrada do fluido (*inlet*) e região de saída (*outlet)*, a condição de *no slip wall* é atribuída para essas paredes. Efeitos gravitacionais são descartados.

O teste de independência de malha para esse caso não se mostra necessário, pois, trata-se de uma geometria simples, sendo assim, por maior que seja o refinamento aplicado, o tempo de simulação será minimamente alterado e o esforço computacional é baixo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serão apresentados os resultados obtidos por meio da simulação numérica para a velocidade do escoamento em toda a geometria estudada, demonstrando o comportamento da mesma à montante e jusante da colina triangular, como mostra a Fig. 4.

Próximo da superfície ondulada e a jusante da crista, existe uma bolha de recirculação perto da ondulação. A montante da crista, a velocidade *v (*componente y da velocidade) do fluido é dirigida para cima e a perturbação de *u* (componente x da velocidade) é mais forte do que longe da superfície (Cúñez and Franklin, 2016).

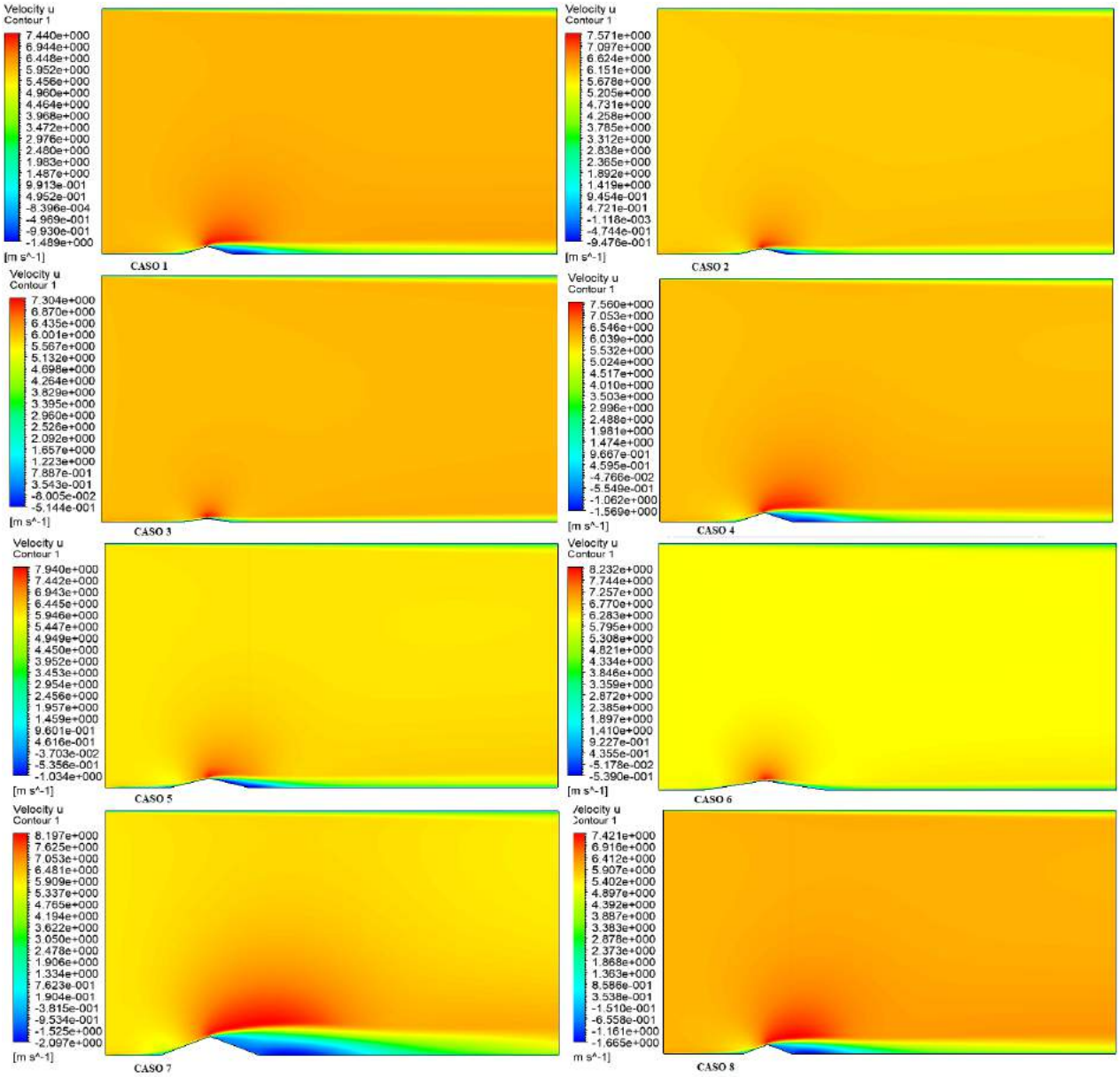


Figura 4 – Velocidade do escoamento para diferentes razões de aspecto.

A velocidade do fluido representado na parte que se encontra na cor vermelha, é aproximadamente 25% maior que a de corrente livre pré-estabelecida no início da simulação. Isso ocorre pelo fato do cumprimento da lei de conservação da massa do fluido em escoamento, que com o estreitamento da seção causada pela ruga, ocorre o efeito de confinamento no fluido, causando o acréscimo na velocidade do ar. Também, analisando a figura 4, nota-se que conforme é maior o aumento da razão de aspecto, maior o agitamento causado no fluido e com isso há maiores vortices gerados fazendo com que todo o escoamento dentro da camada limite seja afetada, com posições onde o fluido está sendo direcionado para o sentido contrário requerido, prejudicando o fluxo. Essas zonas de recirculação podem ser observadas tanto no escoamento posterior quando anterior à ruga, porém nesse último, esse evento ocorre com menor intensidade. Tabém pode ser observada a condição de não-deslizamento em ambas paredes, inferior e superior; a região logo acima da parede é onde se situa a camada limite, que será perturbada pela ruga na parte inferior da geometria.

O gráfico da Fig. 5 relaciona o comportamento da velocidade *u* (axial em x) com a altura na região situada ao final da ruga. As características apresentadas na Fig. 4 também podem ser observadas aqui, sendo a condição de não-deslizamento respeitada em ambas extremidades, existe uma região na qual o estreitamento causado pela ruga ocasiona um aumento de velocidade e, também há uma região de recirculação (anterior e posterior à ruga) de escoamento devido aos vórtices gerados, fazendo com que haja velocidades negativas, ou seja, contrárias ao escoamento induzido na entrada do domínio. Também pode ser observado que quanto maior é a perturbação, maiores são as velocidades de pico e velocidades geradas pela recirculação de fluido. De forma unânime, todos os casos apresentaram recirculações, porém nem todos são monstrados na Fig. 5, devido à uma limitação na coleta de pontos ocorrida no *software*.

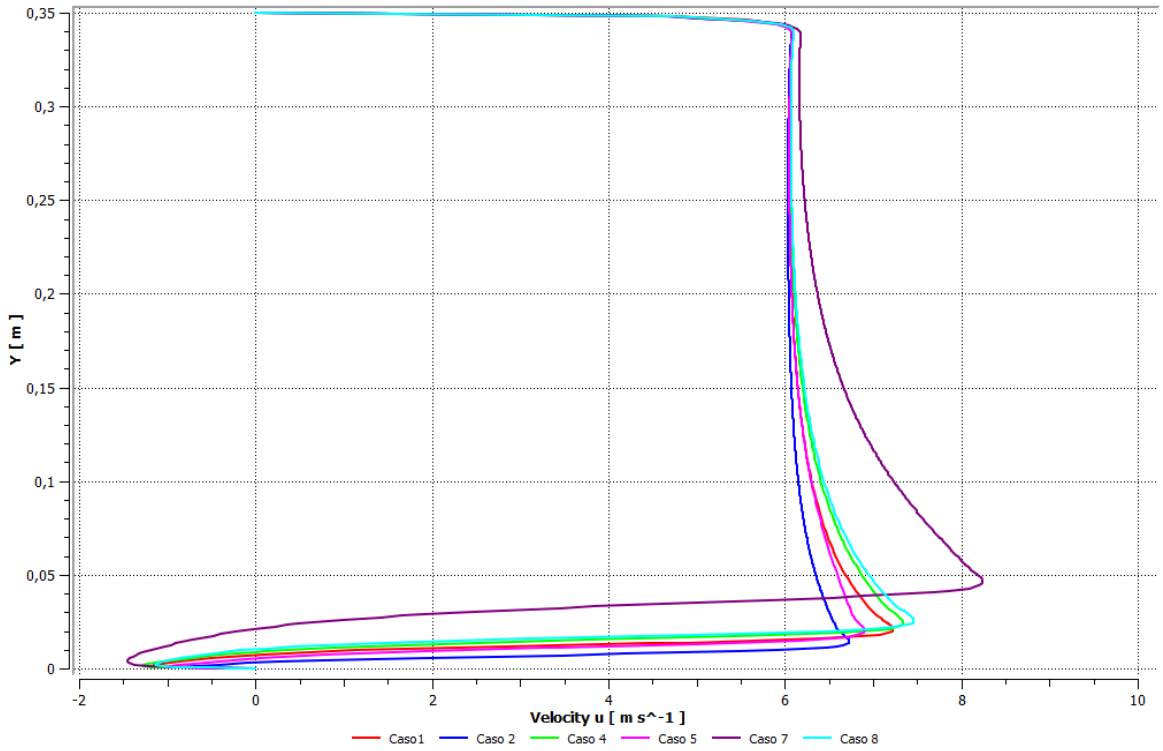


Figura 5 – Variação da velocidade com relação à altura do domínio, ao final da ruga.

6. CONCLUSÕES

A simulação computacional é uma ferramenta que possibilita analisar fenômenos físicos clássicos que são apresentados em sala de aula, e portanto, ajuda-nos a obter uma compreensão maior desses eventos, permitindo uma investigação detalhada. A modelagem feita para esse caso é bidimensional (2D), variando a razão de aspecto de perturbações de formato triangular, com o intuito de analisar qual a influencia de tal perturbação em uma corrente de escoamento uniforme. O fluido considerado para as simulações foi o ar e o modelo de turbulência utilizado foi o *Transition* STT de 4 equações em regime transiente, ou seja, com as propriedades variando ao longo do tempo.

Pode-se observar a forma como a ruga interfere o escoamento, gerando uma região de aceleração devido ao estreitamento de passagem de fluido. Outro ponto interessante, foi a visualização de regiões de velocidades contrárias ao sentido imposto, tanto à jusante e montante da perturbação, devido à geração de vórtices, ocasionando o fenômeno de recirculação do fluido. Também pode ser visualizada a região onde ocorre a condição de não-deslizamento, ou seja, velocidade nula na região de contato com a parede. Esse efeito tem sua intensidade aumentada quanto maior for à perturbação no escoamento. Com essa simulação foram observados esses eventos de forma clara e objetiva, sendo esses conceitos de grande importância para quem estuda mecânica dos fluidos.

7. REFERÊNCIAS

Carruthers, D.J. and HUNT, J.C.R.,1990. F*luid mechanics of airflow over hills: turbulence, fluxes and waves in the boundary layer*. Atmospheric. Processes over Complex Terrain 23, 83.

Cúñez, F. and FRANKLIN E., 2016. *Experiments on the perturbation of a channel flow by a triangular hill.* 18th International Symposium on the Aplication of Laser and Imaging Techniques to Fluid Mechanics, Lisboa, Portugal.

Hunt, J.C.R., Leibovich S., Richrds K.J., 1988. *Turbulent shear flow over hills,* Quart. J. R. Met. Soc., 114, 1435.

Jackson, P.S., Hunt J.C.R, 1975. *Turbulent wind flow over a low hill,* 1975. Quart. J. R. Met. Soc., 101,929.

Kroy, K., Sauermann G., Herrmann, H.J., 2002. *Minimal model for aeolian sand dunes,* Phys. Rev. E.,66(031302).

Passos, J.C., 2010. *O conceito de camada limite: uma revisão crítica de livros texto de transferência de calor***.** VI Congresso nacional de engenharia mecânica, Paraíba, Brasil.

Sauermann, *G., 2001. Modeling of wind blown sand and desertdunes*. Ph.D. thesis, Universit¨at Stuttgart.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA TEMPERABILIDADE DOS AÇOS SAE 1045 E SAE 4340 UTILIZANDO DIFERENTES TÉCNICAS DE TÊMPERA

Simone Jaboinski
Arthur Bortolin Beskow
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Av. Sete de Setembro, 1621 - Fátima, Erechim - RS, 99709-510
simone.jaboinski@gmail.com, arthur@uricer.edu.br

Resumo. *O tratamento térmico de têmpera é uma técnica importante e eficaz para melhorar as propriedades mecânicas de alguns aços. Sendo assim, torna-se interessante e muitas vezes indispensável para a indústria metal-mecânica. Existem diferentes tipos de têmpera, um deles é a têmpera intensiva, que pode ser considerada como um processo relativamente novo. Este trabalho tem como objetivo analisar a temperabilidade de dois tipos de aço: SAE 1045 e SAE 4340, aplicando duas técnicas de têmpera em água (convencional e intensiva) para diferentes diâmetros (1", 2" e 3"), analisando e comparando os valores de dureza ao longo da seção transversal da peça (ensaio de temperabilidade Grossmann) e as micrografias. Para tanto foram confeccionados, para cada tipo de aço, corpos de prova de diâmetros e comprimentos diferentes. As amostras passaram pelas duas técnicas de têmpera e posteriores ensaios de dureza e metalografia, a fim de comparar os resultados. Os testes de dureza e o registro das imagens das micrografias foram feitos em pontos na borda, no meio do raio e no centro da superfície de corte das peças. Foi possível observar as variações de dureza ao longo do diâmetro das peças, de um material para outro, possibilitando assim traçar um perfil de dureza (curva U) dos materiais. Ficou evidente uma maior homogeneidade e valores mais altos de dureza do aço SAE 4340 em relação ao SAE 1045. O aço SAE 1045 não apresentou o perfil de dureza esperado. O microconstituinte martensita tornou-se visível através de micrografia nos corpos de prova temperados e foi possível observar a variação da quantidade desta conforme a região da amostra, o diâmetro e o tipo de aço. Não foi possível concluir de forma concreta se a têmpera intensiva proporcionou maior temperabilidade aos aços do que a têmpera convencional.*

Keywords: *tratamento térmico, temperabilidade, aço SAE 1045, aço SAE 4340.*

1. INTRODUÇÃO

O aço é uma liga metálica composta por ferro e carbono, com percentagens de carbono variando de 0,008% até 2,11% em peso. As principais características que diferenciam o aço do ferro fundido (que também é uma liga de ferro e carbono), é o teor de carbono (acima de 2,11% no ferro fundido) e a deformação plástica que os aços são capazes de sofrer. Impurezas estão sempre presentes, como por exemplo: manganês (<1,5%), silício (<0,4%), fósforo (<0,04%) e enxofre (<0,05%), além de elementos residuais tais como cromo, níquel, molibdênio e outros, limitados pelas normas técnicas (CHIAVERINI, 2012).

O aço SAE 1045 é classificado como um aço para construção mecânica para beneficiamento. Possui composição química de 0,43% a 0,50% de carbono, 0,15% a 0,35% de silício, 0,30% a 0,60% de manganês, máximo de 0,03% de fósforo e máximo de 0,05% de enxofre. Com vasta aplicação na indústria mecânica, aplicado em eixos, cubos de roda, balancins, engrenagens, pinos, parafusos, hastes de amortecedor, porcas e sapatas de trator. Reúne boa resistência e baixo custo. Indicado para forjamento, não possui boa temperabilidade devido à baixíssima quantidade de elementos de liga. O aço SAE 4340 também é classificado como um aço para construção mecânica para beneficiamento. Com elevada temperabilidade, é utilizado na fabricação de diferentes componentes mecânicos, inclusive com sessões espessas, quando se deseja uma combinação de resistência mecânica média e resistência à fratura. Também possui elevada resistência à fadiga. É utilizado em componentes para sistemas mecânicos, principalmente estruturais, onde se necessita uma homogeneidade de dureza ao longo da seção transversal em pequenas ou grandes seções. Suas principais aplicações são: eixos, árvore de manivela, engrenagens, engrenagens planetárias, colunas e cilindros (SILVA e MEI, 2006).

Define-se tratamento térmico como um conjunto de operações de aquecimento e resfriamento do metal, com controle acurado de tempo, temperatura, atmosfera, velocidade de aquecimento e resfriamento, com o objetivo de modificar a estrutura física do material, conferindo-lhe propriedades e características específicas. Programando-se

adequadamente o tratamento térmico, benefícios diversos são obtidos, tais como: remoção de tensões internas; aumento ou diminuição da dureza; aumento da resistência mecânica; melhora nas propriedades de corte; melhora da usinabilidade; melhora da resistência ao desgaste; melhora na resistência à corrosão; modificações nas propriedades elétricas e magnéticas. Todas estas modificações, porém, dependem primordialmente da concentração de carbono e a presença e concentração de elementos de liga no aço tratado (CHIAVERINI, 2012).

O mesmo autor explica que diversos fatores podem influenciar um tratamento térmico. Inicialmente, serão considerados o aquecimento, tempo de permanência à temperatura, resfriamento e a atmosfera do recinto de aquecimento. O aquecimento geralmente é realizado a uma temperatura acima da temperatura crítica (800 °C), pois assim tem-se a completa austenitização do aço, ou seja, total dissolução do carboneto de ferro no ferro gama. Essa austenitização é o ponto de partida para as transformações posteriores.

Segundo Silva e Mei (2006), o tratamento térmico de têmpera consiste em resfriar o aço, após a austenitização, a uma velocidade suficientemente rápida para evitar as transformações perlíticas e bainíticas nas peças em questão. Deste modo obtém-se a estrutura metaestável martesítica. O resfriamento da peça pode ser realizado em diversos meios. Os mais comuns são líquidos e gases. A têmpera intensiva é uma técnica de têmpera relativamente nova que consiste em promover agitação ao meio de resfriamento para impedir a formação da camada de vapor em volta da superfície da peça no momento do resfriamento. Sem esta camada de vapor, o resfriamento torna-se mais rápido e eficaz, melhorando a qualidade da têmpera.

O conceito de temperabilidade é associado à capacidade de endurecimento do aço durante o resfriamento rápido (têmpera), ou seja, sua capacidade de formar martensita a uma determinada profundidade em uma peça. Existem alguns métodos utilizados para avaliar a temperabilidade, dentre estes métodos está o Ensaio Grossmann, que consiste em resfriar a partir do estado austenítico, uma série de barras cilíndricas de diâmetros crescentes, em condições controladas de resfriamento. As barras são serradas e mede-se a dureza no centro delas. Coloca-se, então, em um gráfico, a dureza do centro das barras *versus* o seu diâmetro (SILVA e MEI, 2006).

A micrografia dos metais ou metalografia microscópica estuda os produtos metalúrgicos, com o auxílio do microscópio, visando a determinação de seus constituintes e de sua textura. Este estudo é feito em superfícies previamente polidas e, em geral, atacadas por um reativo adequado. Os metais, de um modo geral, são agregados cristalinos cujos cristais (perfeitamente justapostos e unidos) tanto podem ser quimicamente idênticos, como ser de composição química diferente. Esses cristais chamam-se geralmente *grãos* e a apreciação da natureza destes, suas respectivas percentagens, suas dimensões, arranjo e formato, e a interpretação desses dados constituem o escopo do exame micrográfico dos metais (COLPAERT, 2008).

A dureza é uma propriedade mecânica dos aços que é definida pela resistência da superfície do material à penetração. Os ensaios de dureza são realizados mais frequentemente do que qualquer outro ensaio mecânico, por diversas razões: são simples e baratos, normalmente nenhum corpo-de-prova especial precisa ser preparado e o equipamento de ensaio é relativamente barato. O ensaio é não-destrutivo, ou seja, o corpo-de-prova nem é fraturado nem excessivamente deformado, uma pequena impressão é a única deformação. Outras propriedades mecânicas podem, com frequência, ser estimadas a partir dos dados de dureza, como o limite de resistência à tração (CALLISTER, 2002).

Neste contexto, o presente trabalho teve o objetivo de analisar a temperabilidade de dois tipos de aços submetidos à têmpera por diferentes técnicas de resfriamento. Testes de dureza e análise micrográfica foram realizados a fim de comparar os resultados e analisar a temperabilidade de cada aço nas diferentes técnicas de têmpera. Os materiais analisados tratam de dois tipos de aços para construção mecânica, classificados segundo o sistema da SAE (*Society of Automotive Engineers*) como SAE 1045 e SAE 4340. Estes aços foram escolhidos para o estudo pois são selecionados com base em sua temperabilidade e são empregados na condição de temperados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Corpos de Prova

A metodologia deste trabalho baseou-se no Ensaio Grossmann de temperabilidade, logo, buscou-se temperar amostras de diâmetros crescentes de ambos os aços a fim de traçar um perfil de dureza de cada aço e assim, analisar sua temperabilidade. Para tal, foram confeccionados, no total, 26 amostras para os experimentos, sendo 13 amostras de cada aço (SAE 1045 e SAE 4340). Utilizou-se cinco amostras como as que estão representadas na Figura 1 para cada tipo de têmpera (5 para têmpera convencional e 5 para têmpera intensiva) de cada aço, ou seja, 10 amostras temperadas de cada aço. Confeccionou-se também, mais 6 amostras como as da Figura 2, sem têmpera, para a realização de ensaios de dureza e micrografia a fim de comparar os resultados obtidos nos aços sem têmpera e com têmpera.

Utilizou-se duas amostras de cada diâmetro com o objetivo de reforçar os resultados, exceto no diâmetro de 3”, no qual utilizou-se uma só amostra devido ao tamanho e peso do corpo de prova.

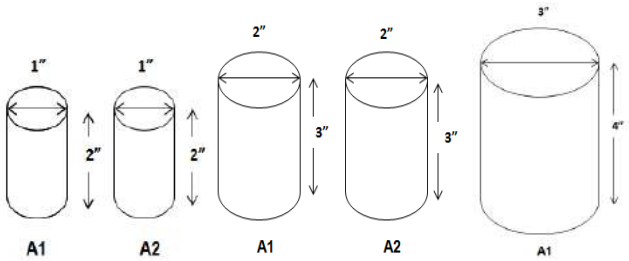


Figura 1. Ilustração das amostras utilizadas para têmpera.

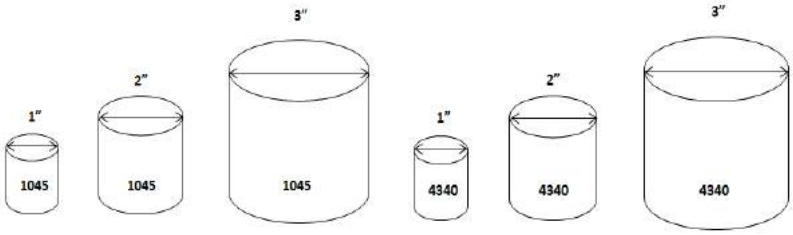


Figura 2. Ilustração das amostras utilizadas sem têmpera.

2.2 Preparação dos corpos de prova

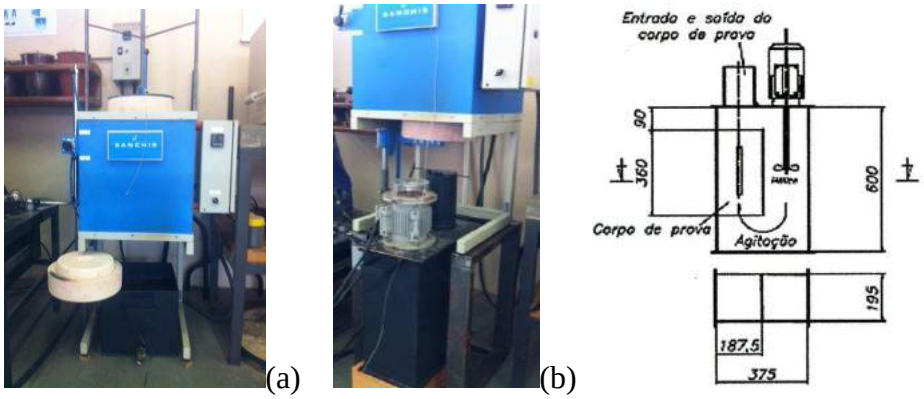
Os corpos de prova das barras cilíndricas de diâmetro 1", 2" e 3" dos aços SAE 1045 e SAE 4340, foram cortados em suas respectivas dimensões, por meio de uma serra elétrica. As amostras 1 e 2 de cada aço foram submetidas à têmpera simultaneamente. Para isto estas amostras foram amarradas com arames em ganchos de aço para prendê-las juntas à haste e introduzi-las no forno, como mostra a Figura 3. Nas amostras de 3", mesmo sendo trabalhada individualmente, também foram amarradas com arames nos ganchos de fixação da haste do forno.

Figura 3. Preparação dos corpos de prova para a têmpera.

2.3 Têmpera

As têmperas foram estudadas pelo método convencional e intensivo. Na Figura 4 está representado o forno e os tanques de têmpera utilizados (convencional e intensivo). No tanque de têmpera intensiva, adaptou-se em um dos lados, um motor elétrico flangeado de ¾ cv de potência, trifásico, com tensão elétrica de 380 V, rotação máxima de 1680 rpm, uma hélice naval de 7,5 polegadas de diâmetro com 3 pás, para a agitação do líquido. O projeto deste tanque foi desenvolvido por Tensi (1992) e encontra-se representado também na Figura 4.

Com as amostras já preparadas, iniciou-se a preparação do forno para o aquecimento das amostras. Primeiramente, foi ajustada a temperatura em 900 °C, que foi a temperatura de austenitização utilizada e em seguida o forno foi ligado. Após o pré-aquecimento, introduziu-se a cesta com carvão com o intuito de queimar o oxigênio, posteriormente aguardou-se até que o mesmo atingisse a temperatura pré-estabelecida e introduziram-se as amostras. Primeiramente, as do aço SAE 1045 e em seguida as do aço SAE 4340, começando pelo diâmetro de 1", posteriormente de 2" e 3". O tempo de forno de cada amostra foi determinado seguindo a regra ABNT para processos de têmpera, ou seja, 1,5 minutos para cada milímetro de espessura da peça. Passado os respectivos tempos, o forno foi aberto e imediatamente movimentou-se a haste com as amostras em direção ao tanque para serem resfriadas.

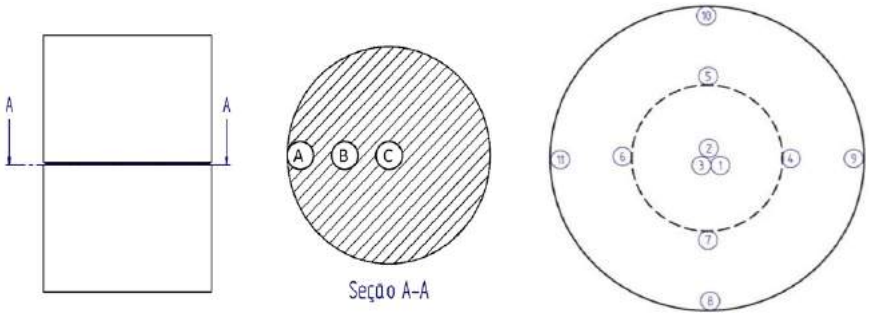


(a) (b) (c)

Figura 4. (a) Forno com o tanque para tempera convencional, (b) Forno com o tanque para tempera intensiva e (c) desenho esquemático do tanque para têmpera intensiva.

2.4 Visualização da Microestrutura e Pontos de Dureza

Para a análise micrográfica, as peças foram cortadas em uma seção transversal no centro do corpo de prova de acordo com a seção A-A representado na Figura 5a. A parte acima da seção A-A foi utilizada para realizar o ensaio metalográfico em sua superfície de corte. A parte abaixo da seção A-A foi utilizada para o ensaio de dureza. Na Figura 5b tem-se ilustrada a seção onde foi feito os ensaios metalográficos sendo que as imagens micrográficas foram registradas no ponto C situados no centro da seção. Na Figura 5c tem-se ilustrada a seção com os pontos onde foram realizados os testes de dureza. Observa-se que os pontos estão distribuídos na borda, no meio do raio e no centro da superfície.



a) b) c)

Figura 5. a) Seção de corte da peça para análise micrográfica e análise de dureza. b) Pontos da seção de corte da peça onde foram registradas as imagens das micrografias. c) Pontos de medição de dureza na seção de corte.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

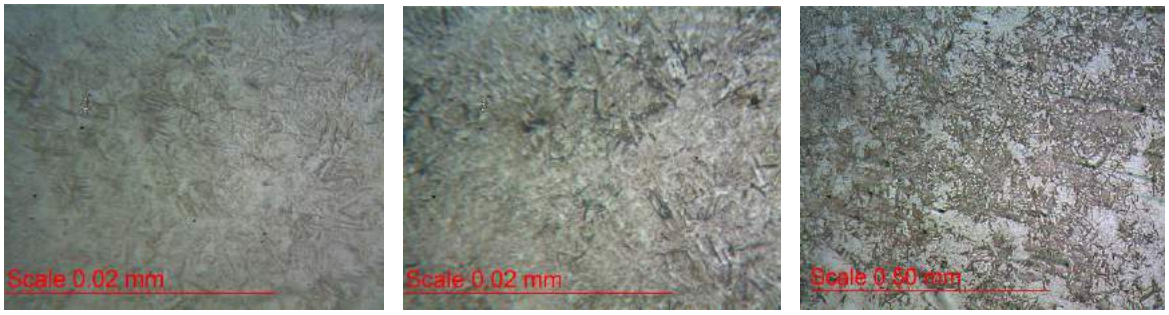
3.1 Análise da Microestrutura

Na Figura 6, estão representadas as micrografias do centro das amostras do aço SAE 4340 de diâmetros 1”, 2” e 3”, respectivamente, temperadas convencionalmente.

1” **2”** **3”**

Figura 6. Micrografias do centro das amostras do aço SAE 4340 temperadas convencionalmente.

Na Figura 7, estão representadas as micrografias do centro das amostras do aço SAE 4340 de diâmetros 1”, 2” e 3”, respectivamente, temperados intensivamente.



1” **2”** **3”**

Figura 7. Micrografias do centro das amostras do aço SAE 4340 temperadas intensivamente.

Analisando as micrografias obtidas na Figura 6 e na Figura 7, observa-se que o aço SAE 4340 formou martensita no centro das amostras dos três diâmetros analisados e nas duas técnicas de têmpera, o que indica boa temperabilidade. Comparando a Figura 6 com a Figura 7, nota-se que com têmpera intensiva (Figura 7), o aço SAE 4340 formou uma quantidade levemente maior de martensita no centro para os três diâmetros analisados do que com a têmpera convencional.

Na Figura 8 está apresentada a imagem da micrografia da amostra aço SAE 1045 com 1” de diâmetro temperada pela técnica intensiva. Nesta imagem não é evidente a formação da martensita, sendo a micrografia constituída basicamente de perlita e ferrita. Este fato se repetiu nas demais amostras do aço SAE 1045, comprovando assim, a pouca capacidade de têmpera deste aço, principalmente em diâmetros maiores.

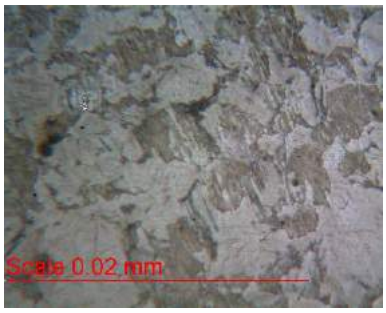
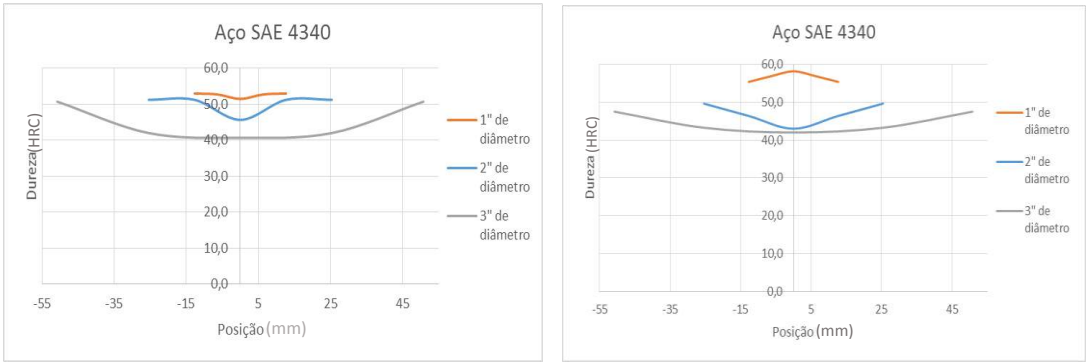


Figura 8. Micrografias do centro da amostra de 1” do aço SAE 1045 temperada intensivamente.

3.2 Análise de Dureza

A partir dos valores de dureza medidos (em Rockwell C), foram construídos os perfis de dureza dos aços relacionando-os às diferentes técnicas de têmpera utilizadas. Na Figura 9, estão representados os perfis de dureza do aço SAE 4340 temperado convencionalmente (Figura 9a) e intensivamente (Figura 9b).



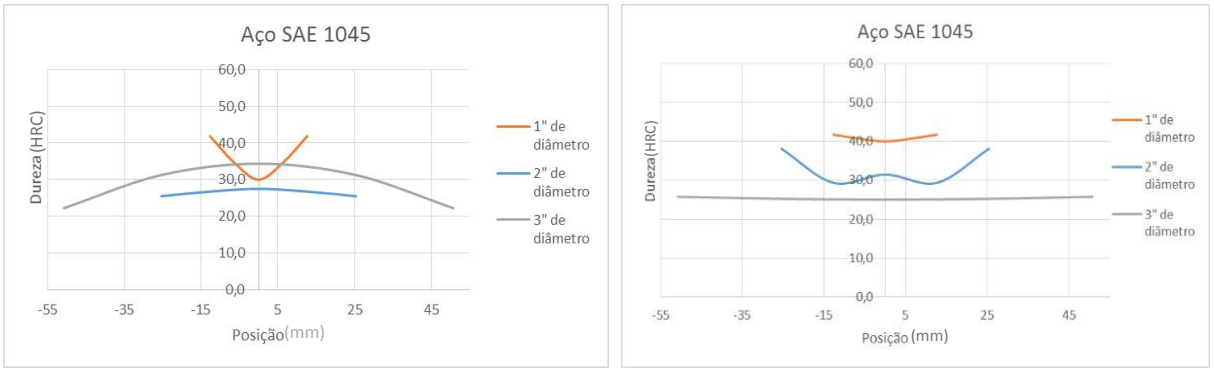
(a) (b)

Figura 9. a) Perfil de dureza do aço SAE 4340 temperado convencionalmente. b) Perfil de dureza do aço SAE 4340 temperado intensivamente.

Analisando os perfis de dureza da Figura 9, observa-se que o aço SAE 4340 apresentou as curvas de dureza, em geral, de forma esperada. Apenas a curva do diâmetro de 1” na têmpera intensiva comportou-se de forma inesperada, isto é, apresentando a concavidade para cima. As outras curvas apresentaram concavidade para baixo, indicando maiores durezas na borda e menores durezas no centro, como previsto. A pouca variação de dureza desde a borda até o

centro indica uma boa temperabilidade do aço SAE 4340. Em relação às técnicas de têmpera estudadas, não é possível afirmar se a têmpera intensiva proporcionou maior aumento de dureza do que a têmpera convencional.

Na Figura 10 estão os gráficos do aço SAE 1045 temperados que, em geral, não apresentaram as curvas da forma esperada. A concavidade das curvas apresentaram-se para cima, indicando valores mais altos de dureza no centro. Tal fato pode ter ocorrido devido à problemas na metodologia do processo de têmpera ou a heterogeneidades do material.



(a) (b)

Figura 10. a) Perfil de dureza do aço SAE 1045 temperado convencionalmente. b) Perfil de dureza do aço SAE 1045 temperado intensivamente.

4. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento dos experimentos práticos, de forma resumida, pode-se concluir que os resultados obtidos não foram os esperados, principalmente para o aço SAE 1045, que em geral, não apresentou o perfil de dureza que se previa. A partir de conhecimentos práticos do Laboratório de Materiais, já era previsto que o aço SAE 1045 não é muito recomendado para o tratamento térmico de têmpera, mostrando baixa temperabilidade, principalmente quando se trata de diâmetros maiores, o que foi confirmado com as análises de micrografia e de dureza.

Já para os aços SAE 4340, quando submetidos ao tratamento térmico, foi possível verificar valores maiores de dureza que o aço SAE 1045, evidenciando que ele tem uma melhor capacidade de temperar. Além disto, o aço SAE 4340 apresentou homogeneidade de martensita e dureza ao longo da seção analisada, confirmando assim, a boa temperabilidade que ele possui, devido aos elementos de liga que o compõem.

A técnica de têmpera intensiva não demonstrou, de forma geral, influenciar tanto quanto se esperava nos valores de dureza, porém, em termos de análise micrográfica, os resultados foram mais satisfatórios, evidenciando uma maior formação de martensita no aço SAE 4340 e de forma mais homogênea. Apenas para as amostras com 1” de diâmetro do aço SAE 4340 pode ser evidenciado um aumento mais expressivo na dureza quando utilizou-se esta técnica de têmpera intensiva. Ou seja:

- O aço SAE 4340 temperado mostrou boa resposta ao tratamento térmico e boa temperabilidade e tem melhor resposta à têmpera e melhor temperabilidade do que o aço SAE 1045, pois apresentou maiores valores de dureza com maior homogeneidade e também devido a visualização de maior quantidade de martensita nas micrografias.
- Não foi possível concluir se a têmpera intensiva influenciou significativamente na dureza dos aços, em relação à têmpera convencional.

5. REFERÊNCIAS

CALLISTER, W. D. *Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma introdução.* 1ª Edição. Rio de Janeiro, LTC, 2002.
CHIAVERINI, V. *Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos.* 7ª Edição. São Paulo: ABM, 2012.
COLPAERT, H. *Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns***.** 4ª Edição. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.
SILVA, A. C.; MEI, P. *Aços e Ligas Especiais.* 2ª Edição. São Paulo, Editora Edgard Blucher, 2006.
TENSI, H. M. *Theory and Technology of Quenching – A handbook, Methods and Standarts for Laboratory Tests of Liquid and Quenchants.* Capítulo 8. 1992.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações presentes neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE UM CATALISADOR NAS EMISSÕES DE GASES DE UM MOTOR VW A.P. 1.8 CICLO OTTO COM VARIAÇÕES DA PORCENTAGEM DE ETANOL NA GASOLINA

Vinicius Veloso Rios[1]
Juliano Hawryluk[2]
URI Erechim, RS331, N° 345, Bairro Demoliner, Erechim, RS, Brasil, CEP 99700-000.
vinicius.velosorios@gmail.com[1]; juliano@uricer.edu.br[2]

Resumo. *Com o aumento da frota de veículos automotores movidos a combustíveis fosseis, o ministério do meio ambiente atuante no Brasil por meio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, define diretrizes e aplicabilidade da legislação de emissões veiculares para que se possa controlar os níveis de emissões dos gases responsáveis pela poluição atmosférica. Considerando os malefícios ocasionados pela queima de combustíveis tornou-se necessário conhecer os índices de gases poluentes gerados por um motor de combustão interna ciclo Otto. Diante disso Cunico (2016), analisou as emissões geradas por um motor com variações na quantidade de etanol na mistura gasolina/etanol como combustível. No entanto seus resultados não foram aprovados se comparados com os limites propostos pela legislação o que se levou a prescrever que uma possível solução seria a inserção de um catalisador junto a saída dos gases de escape gerados pela combustão. Com a intenção de analisar, entender e comparar os valores de emissão buscou-se auxilio através de referências bibliográficas, ensaios e testes práticos no mesmo motor utilizado no trabalho anterior. Para realização da pesquisa são analisados os níveis de emissões de gases poluentes do motor através de uma sonda lambda instalada junto à saída dos gases posteriores ao catalisador. Realizou-se também um estudo comparativo aos resultados obtidos no trabalho anterior e à legislação vigente, analisando se os resultados obtidos condizem com os critérios estabelecidos na resolução nº418/2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Como principais resultados é possível citar que para todas as misturas o catalisador as converteu em emissões com excesso de oxigênio, tornando-se assim gases nocivos ao meio ambiente em gases inofensivos, quanto à legislação apenas uma mistura foi aprovada dentre os níveis permitidos na Resolução 418/2009 do CONAMA.*

Palavras-Chave: *Emissões, Etanol, Gasolina, Legislação, Catalisador.*

1. INTRODUÇÃO

O ministério do meio ambiente atuante no Brasil, por meio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, define as diretrizes e aplicabilidade da legislação de emissões veiculares. Os programas PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores) e PROMOT (Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas e Veículos Similares), instituído em 1986 e 2003, respectivamente, contém as definições dos níveis de poluição de veículos, incluindo os procedimentos necessários para a execução de ensaios para verificação dos gases gerados pelos veículos.

Com base em trabalhos já realizados, onde foi utilizado um motor ciclo Otto da marca Volkswagen modelo A.P. (Alta Potência) 1.8 litros, com injeção eletrônica programável, sobre bancada e disponível no laboratório de motores da Universidade Regional Integrada – URI campus de Erechim/RS, foram feitos alguns ensaios práticos para uma análise das emissões dos gases gerados pelo processo de combustão do motor e com isso observou-se que seus resultados não estavam dentro dos parâmetros propostos pela lei vigente no país descritos na resolução 418/2009 do CONAMA.

Diante disso pretendeu-se desenvolver um embasamento teórico e prático sobre a análise da eficiência e influência de um catalisador instalado junto à saída dos gases gerados pelo processo de combustão de um motor de combustão interna, de modo que a coleta de dados pôde oferecer informações plausíveis para se efetuar uma análise dos níveis de emissões dispersos pelo motor com variação da porcentagem de etanol na mistura gasolina/etanol. Utilizando dos mesmos valores percentuais de misturas utilizados no trabalho realizado por Cunico (2016), e com níveis de temperaturas e aceleração do motor conforme ocorre em um teste de inspeção executado pelo PROCONVE, obteve-se resultados físicos para que se pudesse fazer uma comparação dos resultados obtidos com os resultados do trabalho anterior a esse, executado sem o uso de um catalisador e com os limites propostos pela legislação.

2. METODOLOGIA

Como se trata da continuação de um trabalho realizado por Cunico (2016), foram feitos os testes no mesmo motor por ele utilizado em seus estudos, e pode ser visualizado na Fig. 2.1, sendo este um motor de combustão interna ciclo Otto, modelo VW A.P. 1.8, da marca Volkswagen, que opera com gasolina e foi utilizado nos modelos da marca produzidos entre os anos de 1984 a 2006.

Este estudo foi desenvolvido no laboratório de motores da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI – Campus II), localizada na cidade de Erechim no estado do Rio Grande do Sul.

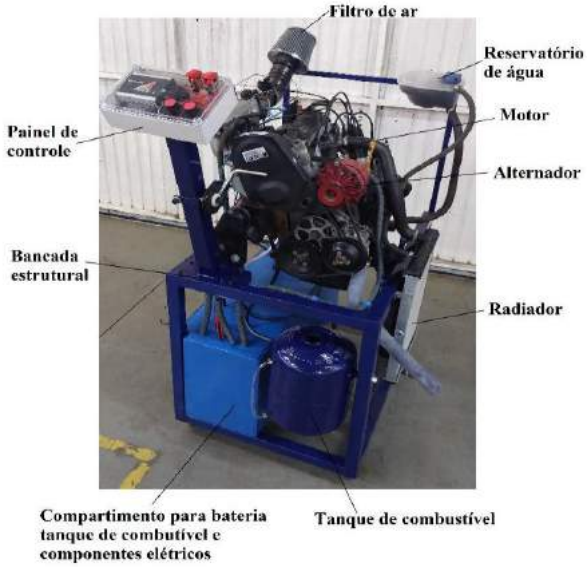


Figura 2.1 – Motor utilizado nos ensaios (CUNICO, 2016).

2.1 Equipamentos Utilizados

Para a realização deste trabalho foram utilizados um conjunto de equipamentos formados por:

- Módulo de Controle Eletrônico da marca Pro Tune, modelo PR440;
- Visor de Interface Pro Tune Touch Lambda Meter (TLM 2.4);
- Sonda Lambda da marca BOSCH, modelo LSU 4.2;
- Sonda Lambda MTE-THOMSON, modelo 7774
- Software Pro Tune Workbench 3.9.4;
- Multímetro Digital MIMIPA, modelo ET-20758;
- Osciloscópio Tektronix TBS1102;

Além desses foi utilizado um catalisador da marca MASTRA, onde sua montagem com as sondas ficara conforme ilustra a Fig. 2.2

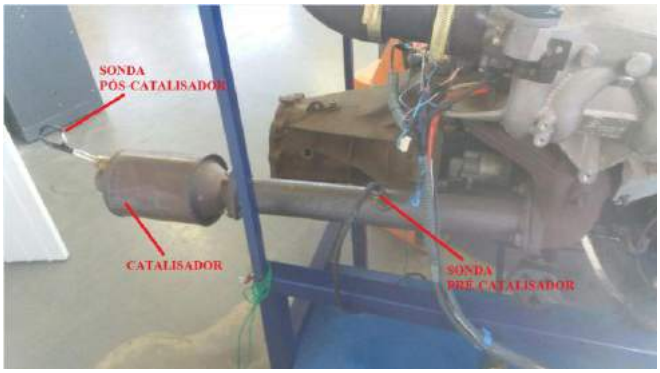


Figura 2.2 – Montagem do Catalisador e Sondas

2.2 Combustível Utilizado

Para a realização das medições dos gases de combustão, foi utilizado os mesmos valores de mistura gasolina/etanol. Para tanto, foi utilizada a gasolina Tipo-C convencional, que é atualmente comercializada nos postos de combustíveis no país a qual contém 27% de etanol. No laboratório de química da Universidade Regional Integrada URI – Campus

Erechim-RS foi realizada a separação desta mistura, tornando-a assim uma gasolina 100% pura pelo método de imiscibilidade conforme ilustra a Fig. 2.3. Posteriormente foram adicionadas as percentagens de etanol sobre cada amostra, sendo elas:

- AMOSTRA 01: 27% de etanol misturado à gasolina;
- AMOSTRA 02: 20% de etanol misturado à gasolina;
- AMOSTRA 03: 10% de etanol misturado à gasolina;
- AMOSTRA 04: 0% de etanol (gasolina pura).

Figura 2.3 – Processo de separação da mistura

2.3 Realização das Medições e Aquisição de Dados

A execução das medições das emissões foi baseada nos procedimentos descritos na Instrução Normativa n° 6, de 8 de junho de 2010 do IBAMA. Os principais gases analisados foram o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NOx) e o dióxido de carbono (CO2).

Após os ajustes e com todos os equipamentos funcionando iniciou-se a medição da Amostra 01 durante um limite de tempo cronometrado de 180 segundos. Ao longo desse tempo, ouve a obtenção dos dados. Os valores de lambda dos gases foram identificados pela sonda lambda Bosch instalada anteriormente ao catalisador e indicada no software. Já para a segunda sonda os valores de lambda eram indicados pelo multímetro e acompanhados pelo osciloscópio que registrava os valores em um pen drive em um intervalo de 30 em 30 segundos durante um período de 180 segundos.

Antes de iniciar o ensaio com a segunda amostra, todo o combustível da amostra anterior foi retirado através da abertura de uma mangueira abaixo do tanque, visando não ocorrer intervenção dos valores entre as amostras de combustível. Feito isso, o motor foi abastecido com a segunda amostra de combustível e novamente realizou-se os testes, da mesma forma como foi realizado com a primeira amostra. Desta forma os mesmos parâmetros e procedimentos foram aplicados nas quatro amostras de combustível, totalizando assim 24 leituras para cada amostra, gerando então um total de 96 leituras.

2.4 Equacionamento

Para identificar os valores finais das emissões de gases para cada amostra de combustível, foram utilizados os gráficos correspondentes a cada gás em análise, ilustrados na Fig. 2.4. Considerando que na bibliografia não constava nenhuma equação de cada gráfico, através de interpolações lineares foram elaboradas as equações para cada gás em análise, e estão relacionadas na Tab. 2.1.

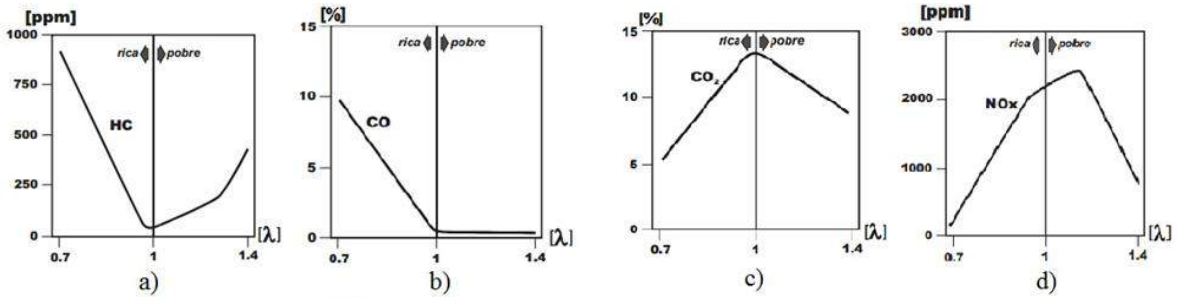


Figura 2.4 - Gráficos dos gases emitidos pela exaustão**, a)** Hidrocarbonetos, **b)** Monóxido de Carbono, **c)** Dióxido de Carbono e **d)** Óxidos de Nitrogênio.
Fonte: Manavella (2015).

Tabela 2.1 – Equacionamento para cada gás em análise

Gráficos	Equação da Reta
Dióxido de Carbono	$y = \frac{2{,}54x - 1{,}2}{0{,}1}$
Hidrocarbonetos para λ<1,3	$y = \frac{56x - 52{,}8}{0{,}1}$
Hidrocarbonetos para λ>1,3	$y = \frac{112x - 135{,}6}{0{,}05}$
Óxidos de Nitrogênio para λ<1,16	$y = \frac{110x - 1{,}65}{0{,}05}$
Óxidos de Nitrogênio para λ>1,16	$y = \frac{2027{,}64 - 1335{,}7x}{0{,}2}$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do valor de lambda médio de cada amostra, pôde-se calcular qual foi a quantidade de gases emitidos em ppm e em porcentagem, através das equações da reta. Substituindo a constante X pelo valor médio, encontra-se os resultados apresentados na Tab. 3.1.

Tabela 3.1 – Valores de emissões encontrados a partir das equações.

	Amostra 01 (27%)	**Amostra 02 (20%)**	**Amostra 03 (10%)**	**Amostra 04 (0%)**
Dióxido de Carbono (CO_2)	11,63 % ± 0,02 %	7,72 % ± 0,14 %	6,64 % ± 0,13 %	5,79 % ± 0,08 %
Óxidos de Nitrogênio (NO_x)	2.489,46 ppm ± 84 ppm	298,54 ppm ± 85 ppm	0 ppm	0 ppm
Monóxido de Carbono (CO)	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Hidrocarbonetos (HC)	114,08 ppm ± 31 ppm	588,26 ppm ± 32 ppm	789,86 ppm ± 22 ppm	948,22 ppm ± 20 ppm

3.1 Análise de Monóxido de Carbono (CO)

Os níveis de emissão de monóxido de carbono (CO) emitidos em cada uma das amostras de combustível são para todas consideradas como 0,5% de emissão. Como mostra o próprio gráfico do gás na Fig. 2.4b, quando o valor de lambda ultrapassa a linha de mistura estequiométrica o seu valor equaliza, não havendo variação, ou seja, o gráfico fica linear em 0,5%.

O catalizador ao aquecer acumula alta porcentagem de oxigênio, no entanto quando as moléculas de monóxido de carbono passam pelo catalizador ocorre uma reação química fazendo com que duas moléculas de monóxido de carbono se juntam com uma de oxigênio formando assim duas moléculas de dióxido de carbono como mostra a equação 2.1.

$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2 \qquad (2.1)$$

3.2 Análise de Dióxido de Carbono (CO_2)

Na Fig. 3.1 está ilustrado um gráfico com os níveis das emissões de dióxido de carbono, em porcentagem, para cada uma das amostras de combustível, em função do valor médio de lambda medido nos testes para cada amostra de combustível.

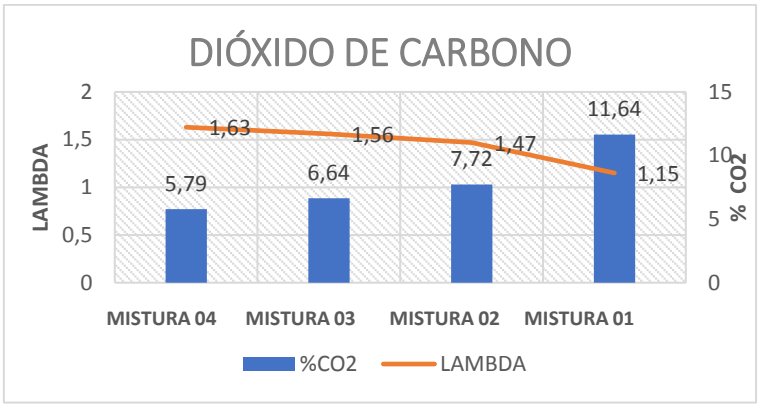


Figura 3.1 – Comparativo das emissões de CO_2 em relação às amostras de Combustíveis

Analisando a Fig 3.1 é possível identificar um pequeno aumento das emissões de CO_2 conforme o valor de lambda se aproxima de 1, ou seja, nas misturas com maior porcentagem de etanol.

Referente ao catalizador, pode-se notar que o mesmo apresenta uma melhor conversão dos gases conforme a mistura gasolina/etanol apresenta maior porcentagem de etanol em sua mistura.

3.3 Análise de Hidrocarbonetos (HC)

Os níveis de emissão de hidrocarbonetos (HC) emitidos em cada uma das amostras de combustível, estão apresentados em partes por milhão (ppm) e podem ser visualizadas na Fig. 3.2.

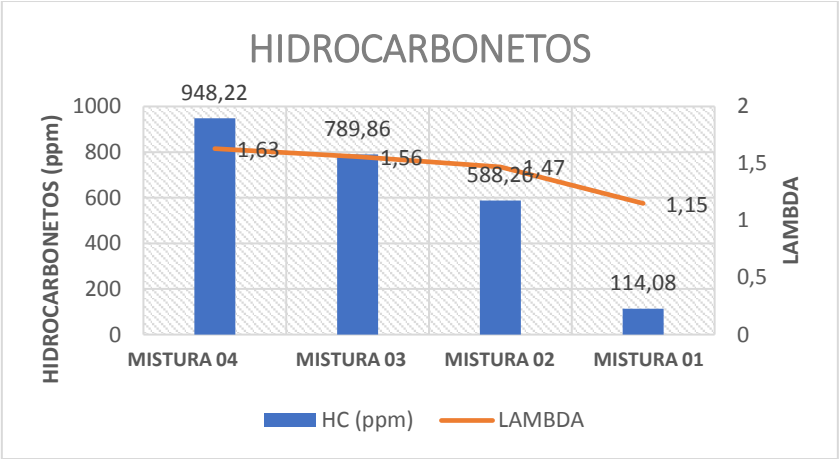


Figura 3.2 - Comparativo das emissões de HC em relação às amostras de Combustíveis.

Analisando a Fig.3.2 é possível observar que ocorreu uma redução das emissões de hidrocarbonetos à medida que a mistura apresenta maior porcentagem de etanol. Desta forma, conforme há aumento da adição de álcool nas misturas, as emissões de HC diminuem significando que as conversões das moléculas de hidrocarbonetos para moléculas de água pelo catalisador são melhores para as misturas com maiores porcentagens de etanol.

3.4 Análise de Óxidos de Nitrogênio (NOx)

Os níveis de emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) emitidos em cada uma das amostras de combustível podem ser visualizados na Fig. 3.3, os mesmos estão apresentados em partes por milhão (ppm).

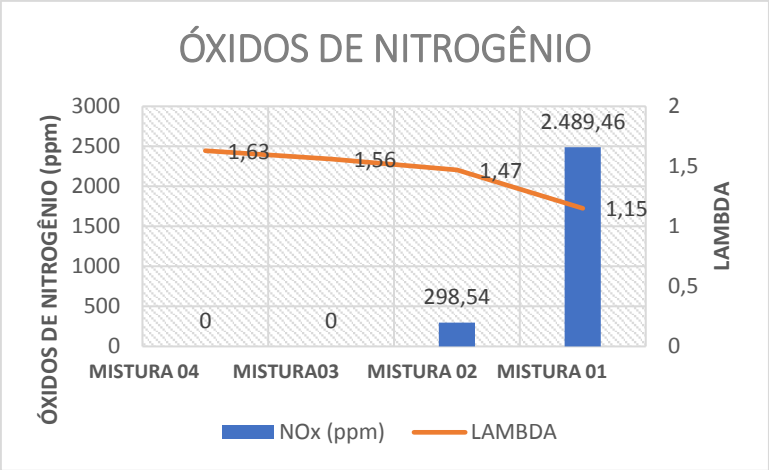


Figura 3.3 - Comparativo das emissões de NOx em relação às amostras de Combustíveis

Analisando o equacionamento, os valores de NOx são considerados como zero a partir de λ>1,51. Nas amostras 03 e 04 o valor encontrado foram maiores que o valor de referencia.

Tendo em vista a análise catalítica, isso significa que o catalisador convergiu os óxidos de nitrogênio em nitrogênio como descrito nas equações 3.2 a 3.4.

$$2NO + 2CO \rightarrow N_2 + 2CO_2 \quad (3.2)$$

$$2NO + 2H_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O \quad (3.3)$$

$$2NO + H_2 \rightarrow N_2O + H_2O \quad (3.4)$$

3.5 Análise Comparativa com a Legislação e com o Trabalho Anterior

A análise comparativa dos gases está apresentada nas Figs. 3.4 e 3.5, que mostram os valores obtidos por Cunico (2016), em seus testes sem o uso do catalisador bem como os valores obtidos nos testes realizados com o uso do catalisador. São nomeados como aprovados os valores inferiores aos limites e como reprovados os valores superiores aos limites estabelecidos na resolução.

Análise comparativa das emissões de CO com a legislação (CUNICO, 2016)

	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	AMOSTRA 04	Limites de CO (%) em veículos até o ano de 2006
CO	5,25 ± 0,32	5,88 ± 0,32	7,46 ± 0,21	8,41 ± 0,21	0,5
SITUAÇÃO	REPROVADO	REPROVADO	REPROVADO	REPROVADO	

Análise comparativa das emissões de CO com a legislação

	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	AMOSTRA 04	Limites de CO (%) em veículos até o ano de 2006
CO	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
SITUAÇÃO	APROVADO	APROVADO	APROVADO	APROVADO	

Figura 3.4 – Análise comparativa de monóxido de carbono

Análise comparativa das emissões de HC com a legislação (CUNICO, 2016)

	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	AMOSTRA 04	Limites de HC (ppm) em veículos até o ano de 2006
HC	438,3 ± 31	500 ± 31	658 ± 22	750 ± 20	200
SITUAÇÃO	REPROVADO	REPROVADO	REPROVADO	REPROVADO	

Análise comparativa das emissões de HC com a legislação.

	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	AMOSTRA 04	Limites de HC (ppm) em veículos até o ano de 2006
HC	114,08 ± 31	588,26 ± 31	789,86 ± 22	948,22 ± 20	200
SITUAÇÃO	APROVADO	REPROVADO	REPROVADO	REPROVADO	

Figura 3.5 – Análise comparativa de hidrocarboneto

4. CONCLUSÃO

Cunico (2016) elaborou um estudo com intuito de analisar as emissões de gases gerados por um motor ciclo Otto frente à variação da mistura gasolina/etanol a partir de experimentos práticos e baseado nos procedimentos e limites da Resolução 418/2009 do CONAMA de novembro de 2009. Ao finalizar seus estudos, obteve resultados que estariam reprovados pela legislação vigente no país, sendo que todas as suas amostras emitiram valores altos de gases, sendo as médias das medições de lambda encontradas entre 0,75 a 0,85, sendo que este intervalo é considerado como mistura rica na relação ar/combustível, ou seja, muita quantidade de combustível para pouco oxigênio no momento da combustão. Nestas circunstâncias, o motor emitirá maiores quantidades de poluentes. No entanto, uma das alternativas para que tais valores fossem convertidos em valores dentre os aprovados pela legislação seria a inserção de um catalisador junto à saída de gases de combustão do motor já que o catalisador possui metais preciosos distribuídos em uma carcaça metálica em forma de colmeia que agem como agentes ativadores das reações com o oxigênio, o que faz com que o catalisador consiga reduzir drasticamente a poluição.

Ao realizar a comparação das amostras de combustíveis ensaiados, foi possível visualizar que todas as amostras apresentaram valores de lambda acima de 1, resultando em valores médios de lambda entre 1,14 e 1,63, indicando para todas as amostras misturas pobre na relação ar/combustível, ou seja, muita quantidade de oxigênio para pouco combustível, resultados contrários aos obtidos por Cunico (2016) em seus estudos sem o uso de um catalisador no sistema de escape dos gases.

5. REFERÊNCIAS

CUNICO. H. L. **Análise das emissões de gases em um Motor VW A.P. 1.8 ciclo Otto em relação às variações na porcentagem de álcool na gasolina.** Trabalho final de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – URI, Erechim/RS, 2016.

MANAVELLA, José H. **Análise de emissão no escape**, 2015. Disponível em: < http://www.hmautotron.eng.br/artigos/Gases&EmissoesPM.pdf>. Acessado em: 07 maio. 2017.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

O (s) autor (es) é (são) o único responsável pelo material impresso incluído neste artigo

CONIGTI

III CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Engenharia Química

e

Química Industrial

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE UNIDADE DE RECEBIMENTO DE LEITE: UM ESTUDO DE CASO

Camila Carla Kriguer
Universidade Regional Integrada do Alto Urugui e das Missões – URI campus de Erechim- Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
email: kamylack@hotmail.com

Mariane Minozzo
Universidade Regional Integrada do Alto Urugui e das Missões – URI campus de Erechim- Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
email: mariane_min@hotmail.com

Raquel Vera Zamadei
Universidade Regional Integrada do Alto Urugui e das Missões – URI campus de Erechim- Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
email: raquel-zamadei@hotmail.com

Rogério Marcos Dallago
Universidade Regional Integrada do Alto Urugui e das Missões – URI campus de Erechim- Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
email: dallago@uri.com.br

Luciana Dornelles Venquiaruto
Universidade Regional Integrada do Alto Urugui e das Missões – URI campus de Erechim- Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
email: venquiaruto@uri.com.br

Juliana Steffens
Universidade Regional Integrada do Alto Urugui e das Missões – URI campus de Erechim- Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
email: julisteffens@uricer.edu.br

Resumo. *O segmento de leite é responsável pela geração de alto volume de efluente líquido com elevada carga orgânica devido a água necessária em seus processos, o qual deve ser tratado de forma eficiente para evitar sanções e gastos desnecessários em recursos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a gestão de resíduos relacionados à limpeza de caminhões, pisos e equipamentos, bem como sua eficiência em uma unidade de recepção de leite. O sistema atual e sua eficiência foram avaliados por caracterização do efluente em diferentes estágios do processo, como forma de propor melhorias ao tratamento. Verificou-se que o efluente tratado não está em conformidade com a legislação vigente em nenhum dos parâmetros avaliados e que nenhum dos estágios mostra eficiência na remoção de matéria orgânica. Esta falta de eficiência está relacionada a problemas estruturais, falta de manutenção, deficiência no manejo e, ausência de uma etapa de coagulação no tratamento primário, para agregação / remoção de carga orgânica floculável, antes do tratamento secundário que a empresa atualmente adota (lagoa aerada). Testes de bancada mostraram que ao associar PAC / GelFloc® (polímero catiônico) como coagulante é possível obter uma redução de aproximadamente 50% de DQO e DBO, contribuindo assim para um melhor desempenho biológico.*

Palavras-chave: *Tratamento de efluentes. Laticínios. Tratamento físico-químico.*

1. INTRODUÇÃO

A crescente urbanização e industrialização para atender a demanda populacional aumentaram consideravelmente a poluição das águas, e associado à redução dos suprimentos de recursos naturais, fizeram deste uma limitação para o crescimento de muitas indústrias. No âmbito legal, as agências de proteção ambiental, como CONAMA (BRASIL,

2011) e CONSEMA (BRASIL, 2006) impuseram proibições e regulamentações, como forma de proteger o ambiente e manter os recursos hídricos, obrigando as empresas a repensar suas estratégias, as quais resumiam-se a questões econômicas, incorporando as mesmas questões ambientais em seus modelos de gerenciamento (MACHADO, *et al.*, 2001).

Entre as indústrias alimentícias, as indústrias de laticínios estão entre as que mais geram efluentes líquidos, uma vez que consomem uma grande quantidade de água na realização das atividades. A água é utilizada em vários processos na indústria de laticínios, desde aquecimento e resfriamento, até limpeza e higienização de pisos, paredes, maquinários e caminhões. E esses efluentes se destacam pelos altos níveis de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), níveis elevados de sólidos suspensos, incluindo gorduras, óleos, minerais e fosfatos, e, portanto, requerem especial atenção na etapa de tratamento (SARKAR *et al*., 2006), pois se lançados sem tratamento podem causar problemas ambientais.

No que se refere ao leite, para o mesmo ser recebido depende de prévia aprovação de determinados parâmetros, os quais são avaliados mediante análises laboratoriais, as quais acabam gerando um tipo de efluente com determinadas peculiaridades, tais como acides ou basicidade, presença de metais pesados, entre outros. Após recebimento do leite toda a estrutura, desde os caminhões, equipamentos, pisos e paredes devem ser lavados, gerando outro tipo de efluente líquido, cujas principais características são a elevada carga orgânica.

No que se refere ao tratamento de efluentes, muitas vezes é necessária a utilização de métodos físico-químicos e biológicos, uma vez que apresentam excesso de gordura em sua composição, dificultando o tratamento final deste efluente e entre os tratamentos físico-químicos mais utilizados podemos citar os de coagulação-floculação, como os mais bem sucedidos.

Para que o mesmo seja eficiente, a configuração do sistema de tratamento deve atender determinadas etapas, as quase devem ser efetivamente avaliadas.

Neste trabalho, o qual compõem um estudo de caso, será avaliado o desempenho de um sistema de tratamento, verificando todas as etapas que compõe o mesmo, destacando possíveis falhas que podem ser relacionadso com a eficiência observada

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo avaliou a eficiência do sistema de tratamento atualmente empregado por uma empresa da região do segmento do leite no tratamento de seus efluentes gerados na etapa de limpeza de caminhões, pisos e equipamentos. Para verificar a eficiência do sistema o efluente foi caracterizada em 3 pontos distintos: saída do tanque de equalização (entrada do flotador), saída do flotador (entrada da lagoa) e saída da lagoa. Os parâmetros acompanhados foram: DQO (mg $O_2.L^{-1}$); Fósforo Total (mg.L^{-1}); Nitrogênio Total (mg.L^{-1}); Óleos e graxas (mg.L^{-1}) e Sólidos Totais (mg.L^{-1}).

Após avaliação e caracterização do efluente foi realizada algumas proposições de melhorias ao sistema, dentre as quais inclui testes com diferentes coagulantes (Cloreto férrico a 10%, Tanino, Policloreto de alumínio (PAC) a 10% associado ao Gel Floc) em diferentes concentrações entre 0,005 e 1%), como apresentado na Tabela 2.

Antes dos ensaios, o pH foi corrigido com hidróxido de sódio (NaOH), conforme a faixa de utilização de cada coagulante, a fim de verificar qual o valor necessário para o começo da coagulação/decantação de partículas. A correção de pH é um parâmetro importante no processo de coagulação, pois, cada coagulante possui uma faixa de operação específica (VAZ et al., 2010). Os pHs iniciais dos efluentes, foram ajustados para 7 quando empregados Tanino e Cloreto Férrico e para 9 quando empregado PAC associado a um polímero catiônico. A correção do pH foi realizada com uma solução de NaOH 0,1 mol.L-1, quando necessário.

Os testes para os três floculantes foram realizados empregando 200 mL de efluente, utilizando velocidade de 100 rpm na alcalinização; 80 rpm após adição do coagulante, mantida por 1 minuto e 60 rpm durante 24 s após a adição do polímero, controlados pelo uso de um cronômetro. O PAC foi avaliado de forma consorciada com um polímero catiônico (Gel Floc®) identificado comercialmente como 5020. Para a escolha das concentrações testadas foram realizados ensaios preliminares para avaliação da formação de flocos.

Nesta etapa foram avaliados os parâmetros turbidez (NTU) e Cor (uC) do sobrenadante após a decantação dos sólidos. Na melhor condição avaliou-se também o parâmetro DQO. Os parâmetros foram determinados de acordo com as metodologias descritas no Standard Methods for the Examination of Water (2005).

Os resultados obtidos foram submetidos ao cálculo de eficiência de remoção, utilizando a Equação 1:

$$E = [Ci-Cf]/Ci*100 \quad [1]$$

Onde:
E = eficiência de remoção (%);
Ci = concentração inicial;
Cf = concentração final;

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do Efluente e avaliação da eficiência do sistema

Para avaliar a evolução da eficiência do processo de tratamento e, com isso, identificar falhas no sistema, o efluente gerado pela central de recebimento de leite foi caracterizado em três momentos distintos. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização do efluente do tratamento atual e padrões estabelecidos pela legislação

Parâmetros ($mg.L^{-1}$)	Entrada do Flotador	Saída do Flotador	Saída da Lagoa	Padrões de lançamento CONAMA 430/2011	Padrões de lançamento CONSEMA 128/2006
DQO	3873±183,7	3495±5,7	3372 ± 70,4	-	400
Óleos o Graxas	79±16,4	167±0	36,8±7,00	50	30
Sólidos Totais	2063±21,4	2184±4	3968±34,7	-	-
Fósforo	28±0,2	31±0,23	38±0,35	-	4
Nitrogênio	92±2,1	113±0,8	168 ± 0,77	20	20

A Tabela 1 mostra a problemática do efluente gerado neste posto de recebimento e resfriamento de leite, e revela que o atual sistema de tratamento de resíduos não está sendo eficiente, apresentando elevadas quantidades de matéria orgânica, óleos e graxas e sólidos totais (todos acima do recomendado pela legislação), mesmo após a saída da lagoa, que corresponde ao final do sistema de tratamento proposto pela empresa. Mesmo que a Resolução CONAMA 430/2011 não estipule padrões máximos permitidos nos corpos receptores, a Resolução CONSEMA 128/2006, preconiza limite de 400 $mg.L^{-1}$ para DQO para geração diária de até 20 m^3 de efluente, evidenciando a falta de qualidade do efluente final nesta unidade, apresentando DQO 7 vezes acima do valor preconizado pela legislação.

A presença de alto teor de DQO está relacionada à elevada quantidade de matéria orgânica presente neste tipo de efluente, que pode ser biodegradável ou não. A parte biodegradável serve de alimento para micro-organismos de origem aeróbica, processo este que ocorre consumindo oxigênio, ou seja, diminuindo o teor de oxigênio da água (ANDRADE, 2011).

As análises iniciais do efluente revelaram além da alta carga orgânica, elevadas concentrações de nutrientes eutrofizantes como o nitrogênio e o fósforo. De acordo com Abrahão et al. (2006), as águas brutas de laticínios apresentam teores desses nutrientes semelhantes ou até superiores aos do esgoto doméstico. Para estes parâmetros, os valores obtidos de 38 $mg.L^{-1}$ para o fósforo e 168 $mg.L^{-1}$ para o nitrogênio, encontram-se muito acima (9,5 vezes para o P e 8,4 vezes para o N) dos recomendados pela Resolução CONSEMA 128/2006, que são de até 4 $mg.L^{-1}$ para fósforo e 20 $mg.L^{-1}$ para nitrogênio. Os elevados teores de fosforo foram vinculados aos detergentes ácidos empregados na etapa de limpeza, enquanto que os elevados teores de N aos teores proteicos (aminoácidos) presentes no leite.

A elevada quantidade de óleos e graxas verificada se justifica pela grande quantidade de gordura presente no efluente bruto oriunda da matéria-prima processada e do processo produtivo adotado pela empresa e este parâmetro, mesmo decrescendo até o final do tratamento proposto pela empresa (redução de 53,4%), ainda está acima da legislação proposta (CONSEMA 128/2006) que é de 30 $mg.L^{-1}$. Observou-se que ocorre um aumento da concentração de óleos e graxas após a etapa de flotação, o que é devido a problemas de manutenção, pois foi evidenciado que as pás que compõe o sistema não entravam em contato com o efluente, não proporcionando a remoção da gordura flotada.

A avaliação de sólidos totais também é um parâmetro importante e se refere a presença de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos nas águas, estes, por sua vez, estão relacionados aos sólidos de origem orgânica denominados sólidos voláteis e sólidos de origem mineral denominados sólidos fixos (AZZOLINI e FABRO, 2013). Tanto o CONAMA quanto o CONSEMA não preconizam valores máximos de sólidos totais nos corpos receptores, assim não é possível comparar os resultados obtidos, mas pode-se verificar que o sistema de tratamento não é eficiente para remoção, pois a concentração de sólidos totais não reduziu no final do tratamento e esta seria a finalidade da existência de tratamentos primários. Ao contrário, ao invés de reduzir a quantidade de sólidos totais verificou-se um aumento de quase 100% na concentração de sólidos totais após o tratamento, o que corrobora a ideia inicial de que o sistema encontra-se saturado, com um acúmulo de matéria orgânica, o que impossibilita o processo ser realizado de maneira satisfatória.

A avaliação indicou que a caixa de gordura encontra-se em situação precária, com rachaduras e infiltrações, comprometendo não só o sistema por não atender a demanda, mas também o solo. A barreira destinada à retenção da gordura apresentava ruptura com mais de 10 cm de diâmetro, permitindo a passagem de gordura. Além disto, identificou-se que a camada de gordura encontra-se abaixo da barreira, indicando que a mesma estava passando pela barreira, ou seja, que a retenção era limitada, comprometendo a eficiência desta etapa. Também se constatou que não havia nenhuma pessoa encarregada pela limpeza da mesma, a qual deveria ocorrer periodicamente em períodos curtos, no máximo de 3 em 3 dias.

O tanque de equalização, apesar de ser eficiente na manutenção do pH do efluente apresenta uma camada espessa de gordura, advinda da caixa de gordura e que posteriormente ao ser bombeado ao flotador acaba auxiliando na

saturação do sistema, que por não ter um tratamento físico-químico aliado a todos as falhas estruturais não é eficiente no processo de remoção.

Assim, conclui-se que o tratamento do efluente realizado atualmente não é eficaz, uma vez que na saída da lagoa, após o efluente passar por todo sistema de tratamento, ainda apresenta altos níveis de DQO, fósforo, nitrogênio, óleos e graxas e sólidos totais, evidenciando a necessidade de implementação de melhorias no tratamento do efluente.

Além das proposições de melhorias em cada etapa, de acordo com as deficiências visualizadas, o estudo prevê a implementação de um tratamento físico-químico, para tanto será apresentado a seguir os testes realizados com diferentes coagulantes, avaliando a eficiência de remoção dos seguintes parâmetros: cor, turbidez e DQO, correlacionando melhor custo benefício.

Avaliação do Sistema Físico-Químico

A aplicação de coagulantes caracteriza uma etapa importante no processo de tratamento, uma vez que tais produtos relacionam-se diretamente com a remoção de material orgânico em suspensão, ou seja, do aspecto turvo característico desse tipo de efluente.

Com o intuito de estudar diferentes coagulantes e avaliar sua eficiência no tratamento do efluente gerado pela empresa, foram testados: Tanino, Cloreto Férrico ($FeCl_3$) e Policloreto de Alumínio - Gel Floc®.

As concentrações testadas para os três coagulantes: Tanino, cloreto férrico e PAC - Gel Floc®, bem como as respostas acompanhadas, cor e turbidez são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2- Resultados dos testes com diferentes concentrações para os três coagulantes

FLOCULANTE % (M/V)	VOLUME (mL)	CONCENTRAÇÃO (%)	TEMPO (min)	COR (uH)	TURBIDEZ (NTU)
Solução de cloreto férrico a 10%	1	0,5	1	49	7
	0,75	0,375	1	78	10
	0,5	0,25	1	95	12
	0,4	0,2	1	176	17
	0,25	0,12	1	350	36
Solução Comercial Tanino	0,2	0,1	1	295	49
	0,1	0,05	1	106	13
	0,05	0,025	1	46	5
	0,04	0,02	1	52	7
	0,02	0,01	1	123	13
	0,01	0,005	1	486	67
PAC 10% + Gel Floc®	2 / 1	1 / 0,5	1	16	0
	1,8 / 0,8	0,9 / 0,4	1 / 0,4	7	0
	1,5 / 0,5	0,75 / 0,25	1 / 0,4	24	9
	1,2 / 0,5	0,6 / 0,25	1 / 0,4	32	1
	1 / 0,5	0,5 / 0,25	1 / 0,4	519	69

Dos floculantes testados, o sistema consorciado PAC/Gel Floc® foi o que demonstrou melhor eficiência entre eles e em relação ao efluente bruto, apresentando após a etapa de decantação um sobrenadante límpido e um decantado (lodo) compacto.

Pode estar contribuindo para este melhor resultado observado para o ensaio conduzido com PAC, o emprego coadjuvante do polímero GelFloc®, o qual atua como um auxiliar de floculação, cuja principal finalidade é tornar o floco mais denso, facilitando sua decantação, tornando o líquido mais límpido e assim, reduzindo a turbidez do meio (MAGACHO et al., 2009).

Com as amostras que apresentaram os melhores resultados de remoção de cor e turbidez para cada coagulante avaliado foi conduzido uma análise de DQO, uma vez que este é um dos principais parâmetros empregados para a caracterização de efluentes. Os resultados obtidos para as respostas cor, turbidez e DQO para a melhor condição de cada coagulante encontram-se apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Resultados de remoção de DQO, Cor e Turbidez para os três coagulantes utilizados na melhor concentração.

Coagulante	Cor	Turbidez	DQO

	uH	Remoção (%)	NTU	Remoção (%)	($mg.L^{-1}$)	Remoção (%)
Efluente Bruto	675,8	--	565	--	1.450,0	--
PAC	7	98,9	0	100,0	400,0	72,4
$FeCl_3$	49	92,7	7	98,7	612,5	57,7
Tanino	46	93,2	5	99,1	350,0	75,8

Para a DQO observa-se uma redução superior a 50% para os três coagulantes. Destes, destacam-se o sistema PAC/GelFloc® e o Tanino, com remoções de 72,4% e 75,8%, respectivamente. Cabe destacar que para ambos os sistemas o efluente pós-tratamento, com valores de DQO de 350 $mg.L^{-1}$ para o Tanino e 400,0 $mg.L^{-1}$ para o PAC/GelFloc®, encontram-se abaixo ou igual aos valores recomendados pela legislação ambiental (CONSEMA, resolução 128/2006), que é de 400 $mg.L^{-1}$, permitindo assim seu descarte em corpos receptores no que se refere a este parâmetro, sem a necessidade do tratamento biológico.

Além da maior remoção de DQO entre os três sistemas avaliados, os coagulantes naturais à base de tanino apresentam ainda a vantagem de serem biodegradáveis, no entanto seu custo, superior ao dos coagulantes químicos, muitas vezes inviabiliza sua aplicação em escala comercial. Neste contexto, optou-se por um coagulante químico, no caso, considerando os resultados de remoção de DQO obtidos para os dois avaliados, pela continuidade dos estudos com o sistema PAC/GelFloc®, o qual é muito utilizado pelo meio industrial com este fim.

4. CONCLUSÕES

Após análise dos resultados e uma avaliação detalhada do sistema de tratamento e de sua gestão conclui-se que:

A caracterização físico-química do efluente líquido nas diferentes etapas do processo de tratamento adotado pela empresa demonstrou que o sistema não é eficiente, pois apresenta um efluente pós-tratamento com todos os parâmetros acima dos pré-estabelecidos pela legislação vigente. Além disto, observa-se deficiência em todas as etapas do processo.

Esta falta de eficiência foi vinculada a problemas estruturais observados no sistema, ausência de manutenção, deficiência na gestão e, principalmente a ausência do emprego de uma etapa de coagulação no tratamento primário, destinado à agregação/remoção de carga orgânica floculável, previamente ao tratamento secundário que a empresa adota atualmente (lagoa aerada).

Ensaios de bancada demonstraram que mediante o emprego associativo do PAC/GelFloc® (polímero catiônico) como coagulante é possível obter uma redução de aproximadamente 50% de DQO e DBO, ou seja, uma remoção considerável de matéria orgânica, contribuindo desta forma para um melhor desempenho do tratamento biológico.

5. AGRADECIMENTOS

FAPERGS, CAOPES, CNPq e URI Campus de Erechim.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, S.S. Tratamento de água residuária de laticínios em sistemas alagados construídos cultivados com forrageiras. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2006.

ANDRADE, A., H. Tratamento de efluente de indústria de laticínios por duas configurações de biorreator com membranas e nanofiltração visando reuso. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

AZZOLINI, J. C.; FABRO, L., F. Monitoramento da Eficiência do Sistema de Tratamento de Efluentes de um Laticínio da região Meio-Oeste de Santa Catarina. Unoesc & Ciência – ACET, v.4, n.1, p.43-60, 2013.

BRASIL. Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA. Resolução n° 128, de 07 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial da União. Diário Oficial da União. 07 dez. 2006.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Diário Oficial da União. 16 mai. 2011.

COUTO, H. J. B.; MELO, M. V.; MASSARANI, G. Treatment of Milk industry effluent by dissolved air flotation. Brazilian Journal of Chemical Engineering, v. 21, n. 01, p. 83-91, 2004.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2ª edição: Rima, 2005.

FYPE, J.; HAGARE, D.; SIVAKUMAR, M. Dairy shed effluent treatment and recycling: effluent characteristics and performance. Journal of Environmental Management, v.180, p. 133-146, 2016.

MACHADO, R. M. G.; SILVA, P. C.; FREIRE, V. H. Controle ambiental em indústrias de laticínios. Brasil Alimentos, v. 4, n. 6, p. 34-36, 2001.

MAGACHO, A. L. F. Avaliação de técnicas de separação combinadas para a purificação de xilose visando à obtenção de bioprodutos. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação Engenharia Química da Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2009.

METCALF & EDDY. Wasterwater Engineering Treatment and Reuse. 4th edition, 2011.

SARKAR, B.; CHAKRABARTI, P. P.; VIJAYKUMAR, A.; KALE, V. Wasterwater treatment in dairy industries – possibility of reuse. Desalination, v.195, p.141-152. 2006.

SOUZA, G. S.; MACHADO, P. B.; REIS, V. R.; SANTOS, A.S.; DIAS, V. B. Educação ambiental como ferramenta para o manejo de resíduos sólidos no cotidiano escolar. Rev bea, v. 8, p. 118-130, 2013.

VAZ, L. G. L., KLEN, M. R. F., VEIT, M. T., SILVA, E. A., BARBIERO, T. A., BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. Eclética Química, v. 35, n. 4, p. 45-54, 2010.

VILLA, R., D.; SILVA, M. R.;NOGUEIRA, A.; PUPO, R. Potencial de aplicação do processo foto-fenton/solar como pré-tratamento de efluente da indústria de laticínios. Química Nova, São Paulo , v. 30, n. 8, p. 1799-1803, 2007.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG.2005.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DE CASO: REDUÇÃO DE REFUGO DE EMBALAGEM EM UMA INDÚSTRIA DE CANDIES NO INTERIOR DO RIO GRANDE DO SUL

Eloise Caroline Viero
Bruna Comin
Geciane Toniazzo Backes
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Av. sete de setembro, 1621, Erechim-RS, 99709-910.
vieroeloise@hotmail.com
bruna_comin@hotmail.com
gtoniazzo@uricer.edu.br

Resumo. *A principal função de uma embalagem é proteger seu conteúdo. Os usos de polímeros, como o polipropileno, trazem baixo custo, alta resistência e flexibilidade, porém, se descartados de maneira incorreta causam graves danos ambientais. Por isso é necessário reduzir a geração de refugos desta natureza. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo o acompanhamento da produção de candies em uma indústria para a identificação de pontos geradores de material de descarte durante o processo produtivo. Foi definida a linha de pirulitos planos para ser acompanhada, pois apresentou os maiores percentuais de refugo, chegando a ter 29% de material refugado se comparada às linhas de produção de balas mastigáveis, balas mastigáveis recheadas, bala mastigável drageada, bala dura, minibala e chicle dragead. Este percentual é correspondente a aproximadamente 60% de palito, 30% de rótulo e 10% de produto. Ao acompanhar a linha também foram detectados alguns pontos em que são necessários ajustes para que a geração de refugo seja diminuída ou até mesmo cessada e para isso foram sugeridas alterações como ajustes de máquina e a separação dos materiais antes do descarte.*

Palavras-chave: *balas, pirulitos, polipropileno biorientado, embalagem plástica*.

1. INTRODUÇÃO

Embalagem é um recipiente ou envoltura que armazena produtos temporariamente, individualmente ou agrupando unidades, tendo como principal função protegê-lo e estender seu prazo de vida, tornando viável sua distribuição, identificação e consumo (ABRE, 2017).

O uso de embalagens traz diversos benefícios, como conservação, praticidade, armazenamento e transporte, mas seu uso desordenado gera um grande volume de resíduos sólidos, causando alto impacto ambiental. Devido a preocupação com esta situação, têm-se buscado meios de reduzir a quantidade de refugo produzido e destinar corretamente as embalagens após o uso (Amadeu et al., 2005).

Os materiais plásticos, produzidos por polímeros ocasionam graves problemas ambientais, por causa do longo tempo necessário para sua degradação completa, que gira em torno de 100 anos, além de ter alta massa molar e serem hidrofóbicos, dificultando a ação de micro-organismos e suas enzimas na superfície do polímero (Landim, 2016; Marsh, 2007).

Neste sentido, é necessária a redução do nível de refugos, principalmente de plásticos, gerados na indústria alimentícia, pois através disto, há ganhos econômicos e ambientais. Visto que o material de embalagem que se perde é vendido por um valor muito inferior que o valor agregado que ele geraria se fosse utilizado em um produto. Além do fato de se descartado de forma incorreta gera danos ambientais graves, e sabe-se que, um dos principais focos de controle industrial é relacionado à danos ambientais, pois cada vez mais a indústria tem "pensamento verde", produzindo mais e gerando menos resíduos.

Refugo é a produção que não satisfaz os padrões dimensionais ou de qualidade e que é vendido por um valor inferior ao do produto que atenda as especificações. O custo do refugo é a diferença entre os custos acumulados até o ponto de rejeição menos o valor de venda do refugo (Maciel, 2004). Os processos de fabricação geram juntamente com a produção de boa qualidade, unidades deficientes. Os problemas de desperdício, sobras ou refugo são encontrados praticamente em todas empresas fabris, independendo das técnicas de fabricação (Stark, 2008). Os materiais e embalagens danificadas que podem ser reciclados são separados e recolhidos por empresas terceirizadas, sendo enviados para a reciclagem. Isso ocorre porque a reciclagem de resíduos sólidos é uma alternativa viável para propiciar

à preservação de recursos naturais, a economia de energia, a redução da área que demanda o aterro sanitário, a geração de emprego e renda, assim como a conscientização da população para questões ambientais (O'leary, 1999).

Quanto mais finos os materiais em processo, como o polipropileno biorientado (BOPP), maior é o problema com refugos. Pois qualquer batida ou manuseio incorreto pode causar grandes perdas no material, e isso é muito comum. Nesse campo inclui-se também más práticas de armazenagem e expedição de produto acabado aos clientes (Baer, 2016)

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a quantidade de refugo de embalagens plásticas (rótulo) geradas por uma linha de produção de uma indústria de *Candies* no interior do Rio Grande do Sul e propor formas para diminuir os índices obtidos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido em uma empresa produtora de *Candies*, aqui denominada de "EMPRESA C", que aceitou o desenvolvimento desta pesquisa em cláusula de sigilosidade, não constando, portanto, a divulgação de seu nome.

2.1 Definição da linha de estudo

Para a definição da linha de estudo, fez-se a análise dos indicadores de qualidade a citar: rótulo, bobina, display e palitos, para as linhas de produção de bala mastigável (BM), bala mastigável recheada (BMR), bala mastigável drageada (BMD), pirulito plano (PP), bala dura (BD), minibala (MB) e chicle drageado (CHD).

2.2 Acompanhamento da linha de produção de pirulito plano e coleta das amostras

Ao escolher a linha de pirulitos planos para desenvolver este estudo, inicialmente foi efetuado o acompanhamento da linha para elaborar o fluxo de produção e identificar os pontos críticos, onde há geração de refugos de material. Após, foram efetuados testes de acompanhamento com tempo controlado para definir um coeficiente de porcentagem de palitos, rótulos e produtos refugados na linha problema.

As amostras de polipropileno biorientado foram recolhidas, juntamente com os palitos utilizados nos pirulitos. As amostras de rótulo são de polipropileno biorientado transparente com impressão externa.

2.3 Proposições de melhorias

Durante o acompanhamento foram identificados pontos em que necessitam de reparos mecânicos e/ou operacionais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Definição da Linha Problema

Inicialmente as linhas de produção foram analisadas quanto a quantidade de refugo gerado na parte de embrulhamento do produto, para escolher a que possui maiores problemas de geração de refugo de rótulo durante sua operação. A Figura 1 mostra a relação entre os dias do mês em que a produção operou com estes produtos e o percentual de refugo gerado.

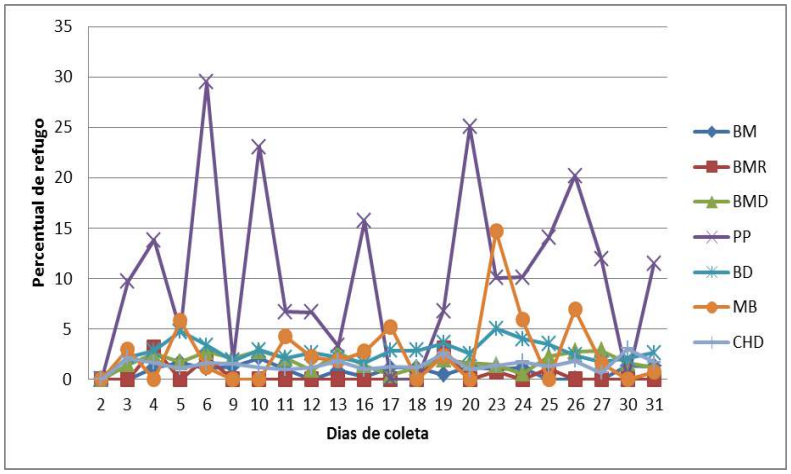


Figura 1 – Relação de refugos gerados por todas as linhas de produção de *Candies* da Empresa C.

Ao analisar a Figura 1 observa-se que a linha de produção de pirulitos planos (PP), possui os maiores valores de refugo, até 29%, e maior discrepância de dados variando até 20% a mais que as outras linhas, portanto, esta linha foi definida para o estudo, por isso, esta foi a linha escolhida para efetuar este estudo.

3.2 Acompanhamento da linha de pirulitos planos

A linha de pirulitos planos (PP) foi acompanhada durante todo o trabalho para que se pudesse encontrar as principais causas da geração de refugo. Para tanto realizou-se o mapeamento de toda a linha para facilitar a identificação dos principais pontos de geração. A Figura 2 apresenta o fluxograma de produção de pirulitos planos.

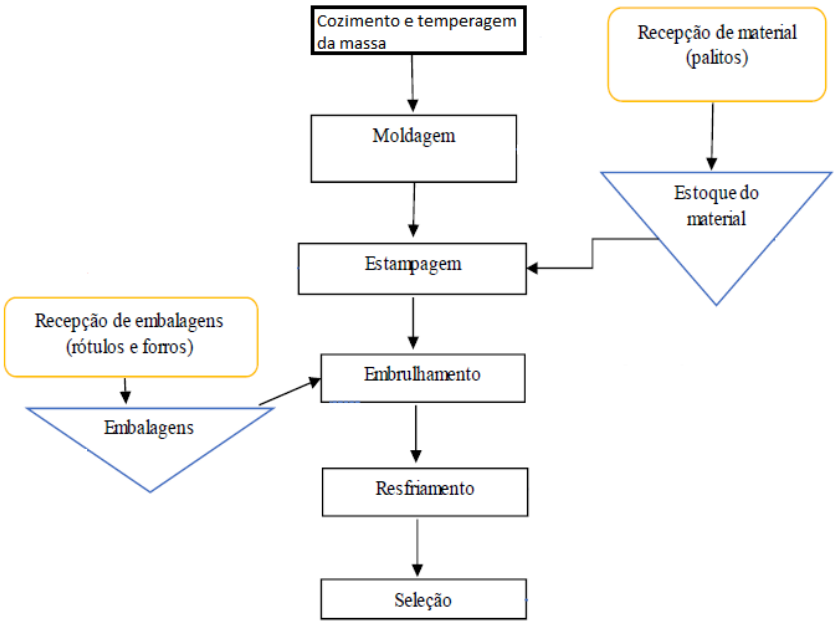


Figura 2 - Fluxo de produção de pirulitos planos da Empresa C.

Na etapa de cozimento e temperagem da massa, se o processo não for desenvolvido adequadamente, com temperatura e pressão controladas e dentro dos padrões técnicos e operacionais previamente definidos, a massa ficará muito seca ou muito mole e comprometerá a etapa seguinte, o estampo. Na etapa de estampagem, o equipamento (estampo) que dá o formato ao pirulito não consegue "puxar" a massa quando está muito mole para dar o formato desejado e, por outro lado poderá não inserir o palito devido a massa estar dura.

Por ser uma linha contínua de estampagem e embrulhamento, ao parar o estampo por algum problema com a massa, a embrulhadeira e o sistema que coloca os palitos nos pirulitos continuava em operação, portanto seguindo o processo de embrulhamento, mesmo sem ter produto, o que gera muito refugo. Na saída do embrulhamento, há um soprador de ar, que faz com que as embalagens vazias sejam direcionadas a um recipiente que coleta o refugo em sacos plásticos para posteriormente ser encaminhado ao Centro de Resíduos Sólidos Industriais (CRSI).

Quando as embalagens são recebidas pelo setor de almoxarifado, devem ser manuseadas e armazenadas com cuidado, pois se forem batidas, amassadas ou rasgadas pode diminuir seu rendimento em linha, e até mesmo ser gerado refugo antes dele ir para a linha para ser utilizado, pois se o rolo de rótulo estiver em más condições, não poderá ser utilizado, sendo assim, descartado.

Ao acompanhar o processo, verificou-se que os rótulos e palitos descartados durante a produção eram descartados juntos, o que impossibilitava a quantificação real do que é levado ao CRSI. Para isso, foi efetuado um acompanhamento durante 1 hora de produção contínua com o refugo gerado, deste foram separados rótulos, palitos e produtos para gerar um percentual real de cada item e efetuar a quantificação de maneira correta. A Figura 3 apresenta o percentual de refugo de rótulos, palitos e produtos da linha de produção de pirulitos planos durante 1 hora de acompanhamento.

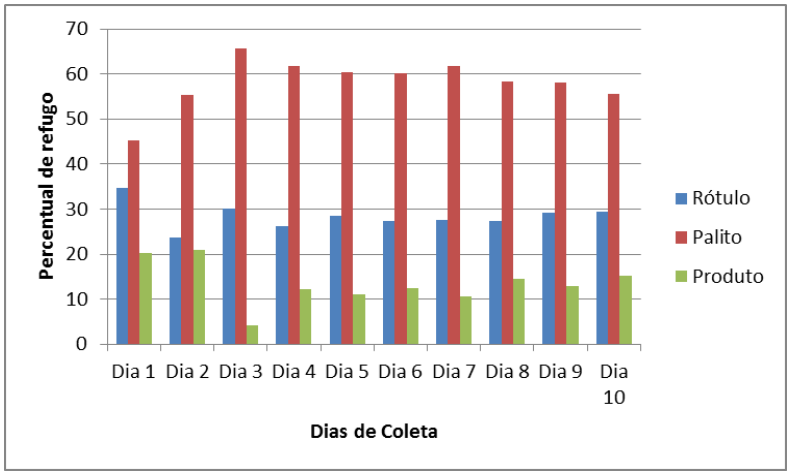


Figura 3 - Percentual de refugo de rótulos, palitos e produtos da linha de produção de pirulitos planos durante 1 hora de acompanhamento.

Ao analisar a Figura 3, é possível perceber que o que era tratado como rótulo, em sua maioria é palito e produto, estes por serem mais pesados, mesmo contendo uma quantidade muito baixa gera um grande percentual. Sendo que palito e produto representam 71,6% do total do refugo gerado.

3.3 Proposição de melhorias

Durante o acompanhamento foi possível perceber que a estampadeira e a embrulhadeira dos pirulitos planos precisa de reparos mecânicos, pois a estampadeira não estava "puxando" a massa, indiferentemente se esta encontrava-se mole ou dura, reduzindo assim o envio de produto para a embrulhadeira. Esta etapa era desenvolvida manualmente por um operador aumentando o valor de mão de obra, e consequentemente o custo do produto. Os rótulos e palitos seguem sem produtos e são destinados ao descarte. Cabe ressaltar, que após a conclusão deste estudo a empresa já realizou os ajustes na estampadeira e embrulhadeira, obtendo as melhorias no processo.

Também pode ser implantado um sensor que identifica a parada do estampo para que automaticamente a embrulhadeira também pare de embrulhar palitos sem produto, parando de gerar refugo neste ponto.

Outra sugestão de melhoria é separar os rótulos e palitos, os quais são destinados para reprocessamento e retornam à indústria em formato de caixas utilizadas no armazenamento de produto semi acabado.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à "INDÚSTRIA C" pela disponibilidade da realização deste trabalho em suas instalações.

5. REFERÊNCIAS

ABRE. Associação Brasileira de Embalagem. Disponível em : http://www.abre.org.br/setor/apresentacao-do-setor/a-embalagem/ Acesso em 10/05/2017.

Amadeu, F.B.; Saran, G. M.; Lorenzo, H. C.; Castro, M. C.; Fonseca, S. A. Políticas públicas e resíduos na Região Araraquara – São Carlos. In. Encontro Nacional de Gestão Empresarial e Meio Ambiente. Anais. Rio de Janeiro, 2005.

Baer, A; Baer, L. Garanta o lucro combatendo os custos. Projeto Pack. Ed 58, pág. 8-18, 2016.

Brasil. Critérios gerais para embalagens e equipamentos em contato com alimentos RDC nº 91, de 11 de maio de 2001.

Landim, A. P. M.; Bernardo, C.O.;. Martins, I.B.A.; Francisco, M.R.; Santos, M.B.; Santos, N.R. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. *Polímeros*. Vol 26 (edição especial), p. 82-89, 2016.

Maciel, E. Custo da qualidade e seus benefícios. Anuário 2004. Faculdade de Valinhos, p. 193-203, 2004.

Marsh, K.; Bugusu, B. Food packaging: roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*. Vol 72, p. 39-55, 2007.

O'leary, P.R. Walsh, P,W. *Decision Maker's Guide to Solid Waste Management*, v. 2. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency, 1999.

Stark, J.A. *Contabilidade de Custos*, Editora Pearson Education, 2008.

6. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DA SÍNTESE DO COMPÓSITO TIO_2/SIO_2 OBTIDO PELA TÉCNICA SOL-GEL E SUA APLICAÇÃO EM TESTES DE ADSORÇÃO/DEGRADAÇÃO DO AZUL DE METILENO

Elton Luis Hillesheim[(1)]
Marcelo Luís Mignoni[(1)]
Victor de Aguiar Pedott[(1)]
Naionara Ariete Daronch[(1)]

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES – CAMPUS - ERECHIM
UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES – CAMPUS - ERECHIM
UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES – CAMPUS - ERECHIM
UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES – CAMPUS – ERECHIM

hillesheim796@gmail.com
mignoni@uricer.edu.br
vpedott@yahoo.com.br
naionaradaronch@hotmail.com

Resumo: Neste trabalho foi utilizado a técnica sol-gel que vem ganhando grande espaço na pesquisa, por apresentar algumas características vantajosas tais como alta pureza, homogeneidade e porosidade controlada. Esta técnica é largamente utilizada na síntese de suportes inorgânicos, que servem tanto para imobilização de óxidos metálicos, como também material adsorvente em resíduos aquosos. Neste estudo foram realizados dois métodos de síntese para o compósito TiO_2/SiO_2, um com agitação magnética e outro sem. Os compósitos sintetizados, sendo primeiramente o sol-gel puro, sem metal, com diferentes iniciadores de reação (ácido, básico e nucleofílico) apresentaram estrutura amorfa quando analisado por difração de raios X, estes foram obtidos sem agitação. Logo após foram sintetizados os compósitos TiO_2/SiO_2, com e sem agitação magnética, estes quando analisados por DRX apresentaram os picos característicos do titânio, comprovando a presença do metal no suporte inorgânico. Posteriormente, em outra etapa do estudo, as amostras foram utilizadas em testes preliminares de adsorção/degradação do azul de metileno. Para os testes de adsorção com o sol-gel puro, o material que obteve um excelente resultado foi o sol-gel com iniciador de reação básica (NH_4OH), que reduziu totalmente a concentração do azul de metileno. Para os testes de degradação do azul de metileno o compósito TiO_2/SiO_2 que obteve melhor resultado foi o obtido na síntese, com agitação magnética e com iniciador de reação básico (NH_4OH), que reduziu quase totalmente a concentração do azul de metileno. Por fim, para os testes com a síntese do compósito TiO_2/SiO_2, sem agitação, o melhor resultado foi para a síntese com o iniciador de reação ácido (HCl), que também teve uma redução significativa na concentração do corante.

Palavras-chaves: Sol-gel, Compósito TiO_2/SiO_2, Fotocatálise, Adsorção, Azul de metileno.

1. INTRODUÇÃO

A técnica sol-gel está ganhando a atenção mundial de pesquisadores no campo da ciência dos materiais, devido à sua versatilidade na síntese de materiais inorgânicos em condições brandas de temperatura e pressão. Materiais sintetizados por este método geralmente têm características desejáveis, tais como alta pureza, homogeneidade, porosidade controlada e estabilidade à temperatura (SUN et al., 2015).

O processo de sol-gel pode ser facilmente reconhecido, pois trata-se de qualquer rota de síntese de materiais onde em um determinado momento ocorre uma transição do sistema sol para um sistema gel. O termo sol é empregado para definir uma dispersão de partículas coloidais (dimensão entre 1 e 100 nm) estável em um fluido, enquanto o termo gel pode ser visto como sendo um sistema formado pela estrutura rígida de partículas coloidais (gel coloidal) ou de cadeias poliméricas (gel polimérico) que imobiliza a fase líquida nos seus interstícios (ALFAYA e KUBOTA, 2002).

O processo de sol-gel pode ser dividido em duas classes, dependendo da natureza do precursor inorgânico utilizado: a dos sais (cloretos, nitratos, sulfetos, etc.) e a dos alcóxidos. A rota que envolve o uso de precursores do tipo alcóxido aparece como a mais versátil atualmente. A hidrólise de uma solução de tetraalcoxissilanos em um solvente orgânico, como o álcool, leva à formação de partículas com função silanol, as quais formam um sol pela polimerização

via condensação, e a continuação do processo leva a um gel. Esta transformação é designada transição sol-gel. Com o processo de secagem do gel, pode-se obter diferentes sólidos. Estes materiais obtidos então podem ser empregados nas mais variadas aplicações, e neste momento vamos destacar a sua grande aplicação como suportes para os mais variados tipos de catalisadores metálicos, e em processos de fotocatálise e adsorção.

A fotocatálise heterogênea tem sua origem na década de setenta quando pesquisas em células fotoeletroquímicas começaram a ser desenvolvidas com o objetivo de produção de combustíveis a partir de materiais baratos, visando a transformação da energia solar em química. Em 1972, um trabalho de Fujishima e Honda descreveu a oxidação da água em suspensão de TiO_2 irradiado em uma célula fotoeletroquímica, gerando hidrogênio e oxigênio. A partir desta época, muitas pesquisas foram dedicadas ao entendimento de processos fotocatalíticos envolvendo a oxidação da água e íons inorgânicos (NOGUEIRA e JARDIM, 1997). Fotocatálise heterogênea é um processo que produz redução e espécies oxidantes capazes de promover a mineralização dos poluentes orgânicos, utilizando um semicondutor (TiO_2) como catalisador. A interação de um fóton com o catalisador produz um par de elétrons. Elétrons excitados podem ser transferidos para os produtos químicos (Redução) como uma partícula semicondutora no meio ambiente e ao mesmo tempo o catalisador aceita elétrons da espécie oxidada. O fluxo puro de elétrons em ambos os sentidos é nulo e o catalisador permanece inalterado (OLIVEIRA et al., 2012. O processo é baseado na irradiação (fonte de luz ultravioleta) de semicondutores inorgânicos, mais comumente o dióxido de titânio (TiO_2). Este é empregado por apresentar baixo custo e características importantes, como fotoestabilidade e baixa toxidade (MERG et al., 2010).

O termo adsorção parece ter sido utilizado pela primeira vez por Kayser em 1881, ao referir-se à adsorção de gases em superfícies. O termo contrapunha-se à absorção, quando o gás penetra a massa do sólido absorvente. Historicamente, a primeira observação do fenômeno da adsorção foi feita em 1777 por Fontana, que percebeu a adsorção de um gás em carvão calcinado, resfriado em mercúrio (NASCIMENTO et al., 2014). A adsorção é um fenômeno físico-químico em que uma espécie química, o adsorvato se fixa na superfície de outra espécie que recebe o nome de adsorvente. A adsorção tem se destacado como um processo de separação, principalmente por ser um processo de alta seletividade em nível molecular, permitindo a separação de vários componentes e também por apresentar um baixo consumo energético (SILVA et al., 2014). Os filtros de adsorção têm o potencial de reter fisicamente os poluentes suspensos, bem como atrair e quimicamente anexar poluentes dissolvidos nas superfícies adsorventes. Adsorção pode ser adotada em métodos de tratamento de águas pluviais, como filtros de drenagem e bioretenção. Desde que sejam utilizados meios eficazes, a adsorção pode ser método de tratamento econômico e de fácil operação (BJÖRKLUND e LI, 2017). Contudo o presente trabalho tem por objetivo a síntese do compósito TiO_2/SiO_2 obtido pela técnica sol-gel utilizando como molécula de estudo o azul de metileno.

2. METODOLOGIA

3.1 Síntese do sol-gel sem metal

Para a síntese do sol-gel foi seguida a metodologia descrita por Ficanha (2015), onde em um bécher foi adicionado 5 mL de tetraetilortosilicato (TEOS), 5 mL de etanol, 1,6 mL de água destilada e 3 gotas do iniciador HCl, NH_4OH ou HBr.

As amostras foram levadas para o shaker, com temperatura de 40°C, com agitação de 180 rpm durante 90 minutos. Quando foi utilizado os iniciadores ácido ou nucleofílico, HCl ou HBr, respectivamente, adicionou-se lentamente ao meio reacional com leve agitação manual 1,75 mL de solução hidrolizante (etanol e NH_4OH 1,0 mol/L). Posteriormente as amostras foram deixadas a temperatura ambiente por 24h, após esta etapa as amostras ficaram em um dessecador a vácuo por mais 24h.

3.2 Síntese do sol-gel na presença de TiO_2 com e sem agitação magnética

Nesta etapa do trabalho a síntese do suporte deu-se da mesma forma que a citada no item 3.1, porém agora com a adição do óxido metálico TiO_2. Também variou-se a utilização da agitação magnética. Quando esta foi empregada a solução ficou sob agitação por 11 horas, tempo suficiente para ocorrer a passagem do sol para gel. Também utilizou-se a agitação afim de haver uma maior homogeneização do óxido metálico no suporte final. A etapa de secagem foi a mesma já descrita anteriormente no item 3.1.

3.3 Análise da atividade fotocatalítica na degradação do corante azul de metileno

Foram realizadas curvas padrões para o azul de metileno em concentrações de 1, 5, 10,15, 25 e 30 ppm em água destilada, analisadas a 664 nm em um espectrofotômetro UV/VIS modelo UV 1600 da marca Pró-Análise. Em seguida foram realizados 10 ensaios preliminares (1-10), contendo 3 ensaios com sol-gel sem metal com diferentes iniciadores de reação (branco), 3 ensaios com sol-gel com TiO_2 obtidos sem agitação magnética, 3 ensaios com sol-gel com TiO_2 obtidos sob agitação magnética e 1 ensaio somente com o TiO_2 puro. Em todos os testes foram utilizados 5 mL de H_2O_2, 90 mL de azul de metileno (30 ppm) e luz UV (lâmpada de 125 Watts).

3.4 Testes de adsorção

Para a quantificação dos testes de adsorção foi utilizado a mesma curva padrão dos testes de fotocatalise. Cabe salientar que nesta etapa os testes realizados não continham peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e nem a luz ultra violeta (U.V.). Os testes de adsorção realizados continham 90 mL do corante azul de metileno (30 ppm) e 0,1 g de sol-gel (básico, nucleofílico, ácido, básico TiO_2, nucleofílico TiO_2, ácido TiO_2. Os ensaios foram realizados sob agitação magnética.

O objetivo foi verificar se o material obtido através da reação sol-gel, com e sem metal, apresentaria características adsorventes, e também analisar se o compósito TiO_2/SiO_2 apresentaria características semelhantes ao material de pura sílica.

Foram retiradas amostras em 5, 10, 20 e 30 minutos para que se pudesse fazer um estudo cinético do melhor tempo de adsorção. Cada alíquota foi analisada a 664 nm em um espectrofotômetro UV/VIS modelo UV 1600 da marca Pró-Análise.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização por difração de raios X (DRX)

Após o processo de síntese as amostras foram submetidas à análise de difração de raios X (DRX), para verificar a estrutura formada, para depois então serem utilizados em ensaios de fotocatálise e testes de adsorção.

A Figura 1, 2 e 3 apresentam os resultados obtidos para os compósitos com diferentes iniciadores de reação, onde em (a) TiO_2 puro, em (b) sol-gel com os diferentes iniciadores de reação com o TiO_2 imoblizado e em (c) sol-gel com branco. Analisando os difratogramas é possível verificar que os sólidos obtidos apresentaram uma estrutura amorfa, devido a presença do halo compreendido entre 15-30 graus (2θ). Porém, cabe salientar que mesmo a estrutura da sílica ser amorfa, houve a incorporação do óxido de titânio na sua estrutura, uma vez que quando comparado o difratograma de raios X do TiO_2 puro, é possível verificar que a mesma apresenta os picos que comprovam a presença do metal.

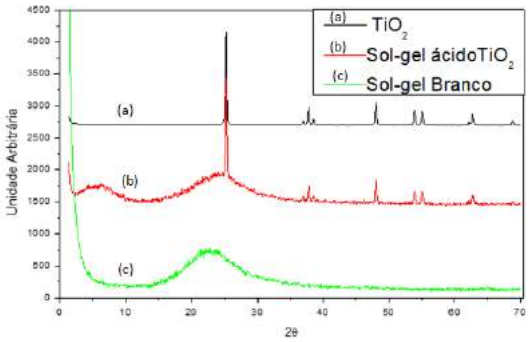


Figura 1. Em (a) TiO_2 puro, em (b) sol-gel com inicador de reação ácido, em (c) sol-gel branco.

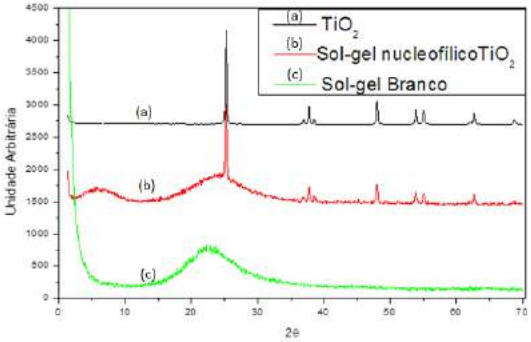


Figura 2. Em (a) TiO_2 puro, em (b) sol-gel com iniciador de reação nucleofílico, em (c) sol-gel branco.

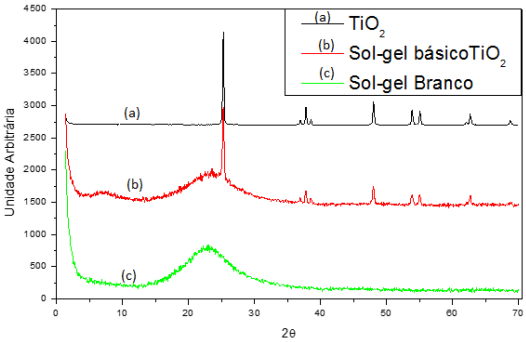


Figura 3. Em (a) TiO_2 puro, em (b) sol-gel com iniciador de reação básico, em (c) sol-gel branco.

4.2 Fotocatálise na degradação do azul de metileno

A curva padrão para o azul de metileno foi obtida com o R^2 =0,9957, o que é considerado de alta confiabilidade. Para os testes de fotocatálise foram comparados os dois sólidos obtidos pelos diferentes métodos de síntese. Os resultados obtidos dos testes de fotocatálise estão apresentados na Figura 4.

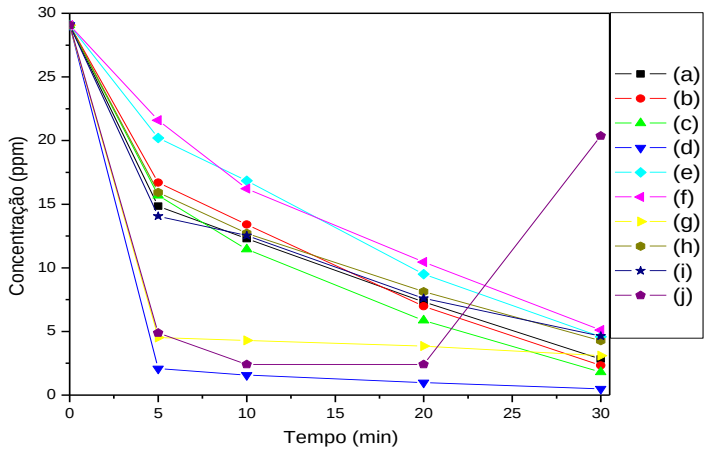


Figura 4- Testes de fotocatálise na degradação do azul de metileno. Em todos os testes foram utilizados peróxido de hidrogênio (H_2O_2), azul de metileno e luz ultravioleta (UV). Em (a) sol-gel TiO_2 básico, (b) sol-gel TiO_2 nucleofílico, (c) sol-gel TiO_2 ácido, (d) sol-gel TiO_2 básico com ag., (e) sol-gel TiO_2 nucleofílico com ag., (f) sol-gel TiO_2 ácido com ag.,(g) sol-gel básico, (h) sol-gel nucleofílico, (i) sol-gel ácido, (j) TiO_2 puro.

Analisando a Figura 4, é posssível observar que o teste que apresentou melhor resultado sem agitação foi o compósito com iniciador da reação ácido, que teve a maior redução na concentração do azul de metileno, e para os compósitos com agitação, foi o sol-gel com iniciador de reação básico que apresentou maior redução na concentração do azul de metileno.

Foi realizado também o teste com dióxido de titânio (TiO_2) puro para ver se realmente ocorreria fotocatálise, ensaio j. É possível verificar que houve a fotodegradação do azul de metileno. Porém, a análise quantitative pode ser acompanhada até somente os 20 minutos, e após este tempo não foi mais possível de ser acompanhada, pois, como pode-se observar, no tempo de 30 minutos houve um aumento na concentração do corante. Isto é explicado devido ao TiO_2 apresentar características altamente estáveis, com aspecto leitoso, o que aumentou o grau de absorbância de luz (VALENTE et al., 2005).

4.3 Testes de adsorção para o azul de metileno

Nesta etapa do trabalho será apresentado os resultados para a adsorção do azul de metileno.

Após realizados os ensaios as amostras retiradas em 5, 10, 20 e 30 minutos foram analisadas por espectrofotometria UV/VIS.

Para os testes de adsorção os sólidos sintetizados se mostraram bons adsorventes, como pode ser visto na Figura 5 para o teste (a) o sol-gel com iniciador de reação básico (NH_4OH), reduziu totalmente a concentração do azul de metileno, o mesmo comportou-se como o melhor adsorvente, possivelmente por ser mais leve e conter maior quantidade de sólido disperso no meio, logo teve maior área de contato com o liquido, os testes com o sol-gel com iniciador de reação ácido (HCl), e o sol-gel com iniciador de reação nucleofílico (HBr), também se mostraram bons adsorventes, porém tiveram a redução da concentração do azul de metileno um pouco mais lenta por conter menos sólido disperso no meio. Os resultados podem ser melhor observados na Figura 5, onde é possível verificar o decaimento da concentração do azul de metileno. Para o sol-gel com iniciador de reação básico, o NH_4OH provavelmente esteja interfirindo na carga superficial do suporte. O NH_4OH por ser uma base, faz com que a carga residual da superfície do material sintetizado seja negativa, desta maneira aumenta a atração eletrostática do azul de metileno pelo suporte sólido, por ser um corante de caracteristica positiva, resultando em uma adsorção completa do mesmo.

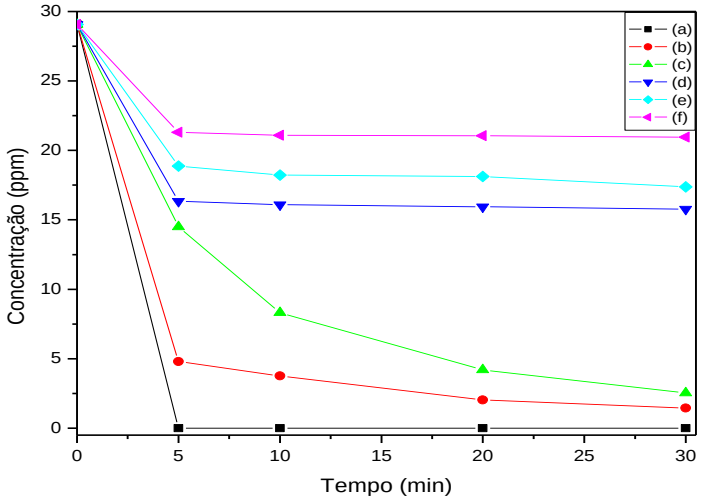
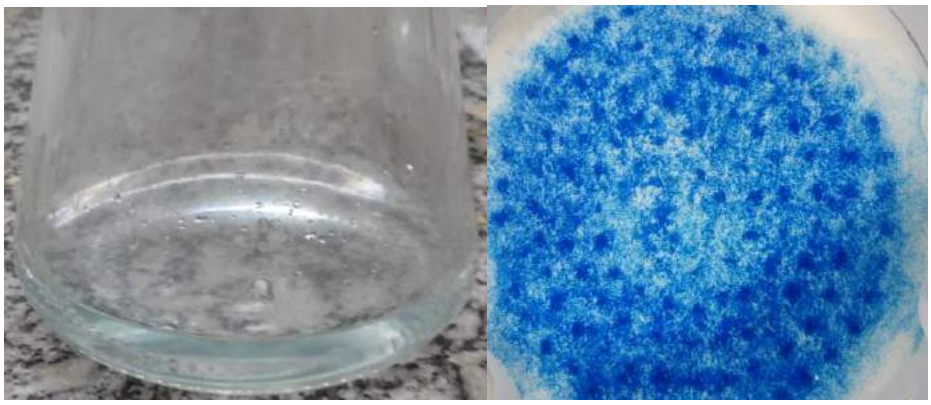


Figura 5 - Testes de adsorção do azul de metileno. Em (a) sol-gel básico, (b) sol-gel nucleofílico, (c) sol-gel ácido, (d) sol-gel TiO_2 básico, (e) sol-gel TiO_2 nucleofílico, (f) sol-gel TiO_2 ácido.

Após o processo de adsorção do azul de metileno pelo compósito sintetizado, foi realizado uma filtragem em um dos testes para a separação do mesmo do meio reacional. O resultado pode ser observado na Figura 6 onde é possivel comprovar uma boa adsorção do corante no compósito.



Fonte: O autor

Figura 6 - Foto de um dos testes de adsorção com o sol-gel com iniciador de reação básico (NH_4OH), a esquerda solução de azul de metileno quase totalmente límpida e a direita o compósito sólido.

4. AGRADECIMENTOS

À URI
À FAPERGS
Ao CNPq

5. REFERÊNCIAS

ALFAYA, A. A. S.; KUBOTA, L.T. A Utilização de materiais obtidos pelo processo de sol-gel na construção de biossensores. **Quim. Nova**, v. 25, n. 5, p. 835-841, Campinas, SP, 2002.

BJÖRKLUND, K.; LI, L. Y. Adsorption of organic stormwater pollutants onto activated carbon from sewage sludge. **Journal of Environmental Management**, April, 2017.

MERG, J. C.; ROSSETT, F.; PENHA, F. G; PERGHER, S. B. C.; PETKOWOCZ, D. I.; SANTOS, J. H. Z. Incorporação de dióxido de titânio em zeólitas para emprego em fotocatálise heterogênea. **Quim. Nova,** v. 33, n. 7, p. 1525-1528, 2010.

NASCIMENTO R. F.; NETO V. D. O. S.; MELO D. D. Q. **Uso de bioadsorventes lignocelulósicos na remoção de poluentes de efluentes aquosos**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.

NASSAR, E. J.; MESSADDEQ, Y.; RIBEIRO, S. J.L. Influência da catálise ácida e básica na preparação da sílica funcionalizada pelo método sol-gel. **Quim. Nova,** v. 25, n. 1 p. 27-31, 2002.

NOGUEIRA R. F. P.; JARDIM W. F. **A Fotocatálise heterogênea e sua aplicação ambiental.** Campinas SP**: Instituto de Química**, 1997.

OLIVEIRA, A. S.; SAGGIORO E. M.; PAVESI T.; MOREIRA J. C.; FERREIRA L. F. V. Solar Photochemistry for Environmental Remediation – Advanced Oxidation Processes for Industrial Wastewater Treatment. **Centro de Química-Física Molecular and Institute of Nanosciences and Nanotechnology**, Portugal, março, 2012.

SILVA, A. C.; CIUFFI, K. J.; NASSAR, E. J.; CALEFI, P. S.; DE FARIA, E. H. Adsorção do corante azul de metileno em caulinita funcionalizada com β-alanina. **Laboratório de Pesquisa Sol Gel-Universidade de Franca**, Abril, 2014.

SUN, C.; ZHANG, C.; LI C.; KUANG, Y.; QU R.; JI, C.; ZHANG, Y. Syntheses of polyaminebridged polysilsesquioxanes hybrid materials combining solegel processing and molecular imprinting applied to selective adsorption for copper. **Materials Chemistry and Physics**, January, 2015.

6. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os unicos responsáveis pelo material impresso incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

AVALIAÇÃO DO IODETO COMO PROMOTOR DA DECOMPOSIÇÃO RADICALAR DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

Franciele Bernardi
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
franci_bernardi@hotmail.com

Lariessa Olkoski
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
lariolkoski@hotmail.com

Luciana Dornelles Venquiaruto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
venquiaruto@uri.com.br

Naiara Miotto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Sertão
naiaramiotto@gmail.com

Rogerio Marcos Dallago
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim
dallago@uri.com.br

Resumo: *Processos alternativos para o tratamento de efluentes vêm despertando grande interesse na área científica, dentre os quais se destacam os Processos Oxidativos Avançados (POA), que são baseados na formação de radicais hidroxila (HO*), um agente altamente oxidante. A forma mais comum de gerar este radical é baseada na reação entre o peróxido de hidrogênio e íons Fe(II), a qual gera como inconveniente uma elevada quantidade de lodo resultante da remoção dos íons Fe(III) resultante do processo. Visando contornar o problema do lodo, este trabalho propõe avaliar o íon iodeto (I-) como promotor para a decomposição catalítica do peróxido de hidrogênio em radicais hidroxila (HO*). Sua escolha se deu em função de seu potencial de redução, como dos íons Ferrosos, é inferior ao do peróxido de hidrogênio. Resultados preliminares demonstraram que o iodeto consegue degradar o peróxido de hidrogênio via mecanismo radicalar, ou seja, conduz a geração do radical hidroxila e que este processo é dependente do pH do meio. Somente em pH 3 foi possível observar diferenças significativas na geração de oxigênio entre as amostras de água e contaminada com azul de metileno, propriedade esta que indica o mecanismo radicalar do processo.*

Palavras-chave: *Processos Oxidativos Avançados, Peróxido de Hidrogênio, Iodeto.*

1. INTRODUÇÃO

A poluição tem sido um assunto de extremo interesse em todas as partes do mundo, tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento. Segundo Jardim (1993) nestas duas últimas décadas a preocupação com o meio ambiente tem como principal consequência normas e legislações cada vez mais restritivas quanto à disposição final e ao descarte de subprodutos na biosfera.

Para desenvolver operações industriais sem prejuízos para o meio ambiente é necessário integrar pesquisas que enfoquem técnicas analíticas modernas para controle da poluição, com o conhecimento fundamental de fatores que são as unidades básicas que contribuem para a produção destes poluentes.

Na indústria alimentícia, a recirculação dos rejeitos bem como a degradação, recuperação e destino dos produtos e subprodutos constituem um dos principais desafios e tem como objetivo principal reduzir os custos com o tratamento de seus efluentes.

Neste contexto, o tratamento de efluentes alimentícios tem sido considerado uma das mais importantes categorias de controle de poluição da água, devido à alta concentração de contaminantes orgânicos, como gorduras e açúcares, e em muitos casos pela forte intensidade de cor. Devido a esta complexidade, muitas vezes os processos biotecnológicos convencionais não são capazes de degradar tais compostos, principalmente os corantes que em sua maioria são

derivados de moléculas aromáticas, de difícil degradação, o que vem a ocasionar inibição e/ou paralisação do metabolismo de certos microorganismos (GUARATINI e ZANONI, 2000).

Deste modo, processos alternativos para o tratamento de efluentes vêm despertando grande interesse na área científica, dentre os quais se destacam os Processos Oxidativos Avançados (POA), que são baseados na formação de radicais hidroxila (HO*), um agente altamente oxidante. Muitas são as formas de gerar este radical, sendo a mais comum a baseada na reação entre o peróxido de hidrogênio e íons Fe(II), a qual gera como inconveniente uma elevada quantidade de lodo resultante da remoção dos íons Fe(III) gerados na etapa oxidativa.

No mecanismo proposto para as reações iniciadas empregando íons Fe (II), o H_2O_2 produz *OH através de uma reação redox, mediante a transferência de elétrons gerados na oxidação do Fe(II) a Fe(III), o qual somente ocorre espontaneamente devido ao Ferro, que esta se oxidando, apresentar menor potencial de redução padrão ($E^o_{Fe3+/Fe2+}$ = 0,77V) que o peróxido ($E^o_{H2O2/H2O}$ = 1,78 V).

Visando contornar o problema do lodo, este trabalho propõe avaliar o emprego dos íons iodeto como promotores (distintos aos íons ferrosos) para a decomposição catalítica do peróxido de hidrogênio em radicais hidroxila (HO*). Como critério para a escolha do iodeto foi observado o seu potencial padrão de redução ($E^o_{I/I2+}$ = 0,53V), o qual, como dos íons Ferrosos, é inferior ao do peróxido de hidrogênio.

2. METODOLOGIA

2.1 Avaliação da atividade catalítica na decomposição de H_2O_2.

Para verificar o potencial da atividade catalítica do iodeto na decomposição radicalar do H_2O_2, foi acompanhado a quantidade de gás oxigênio (O_2) formado durante 45 minutos de reação, usando o sistema experimental apresentado na Figura 1.

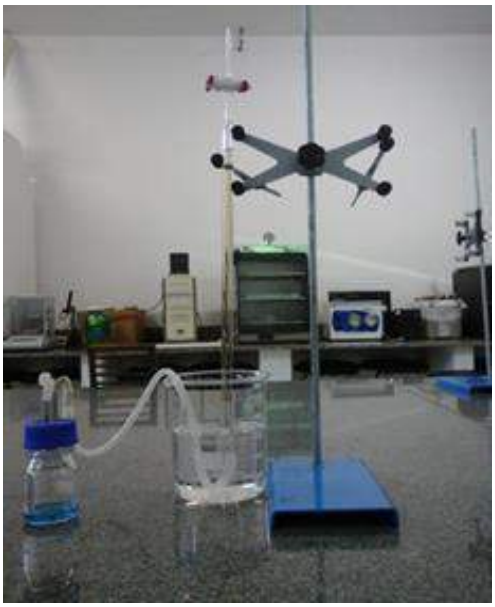


Figura 1. Sistema utilizado para a medida da decomposição de H_2O_2.

Os primeiros ensaios foram conduzidos utilizando 0,5mL de uma solução de H_2O_2 (30%, v/v), 9,0 mL de água e três volumes distintos (0,5, 1 e 2 mL) de uma solução de KI (0,5 $mol.L^{-1}$).

Na segunda etapa, os ensaios foram realizados empregando, no lugar da água, uma solução contendo azul de metileno (AM) como molécula modelo de um contaminante, cujo objetivo é consumir os radicais hidroxila, caso estes sejam gerados no processo redox proposto, diminuindo assim a quantidade de O_2 gerado. Para estes ensaios o volume de peróxido foi fixado em 0,2 mL e as demais quantidades permaneceram as mesmas do ensaio anterior. Este ensaio foi realizado em diferentes pH do sistema reacional.

3. RESULTADOS

A metodologia empregada para se avaliar a potencialidade de novos elementos químicos, em substituição aos íons ferroso, como promotores da decomposição catalítica do peróxido de hidrogênio considera a quantidade de O_2 gerada, em função do tempo, durante a reação deste composto com o H_2O_2.

A quantidade de O_2 gerada em função do tempo reacional para reação de decomposição catalítica do peróxido de hidrogênio na presença de diferentes quantidades de íons iodeto (I^-) é apresentada na Figura 2.

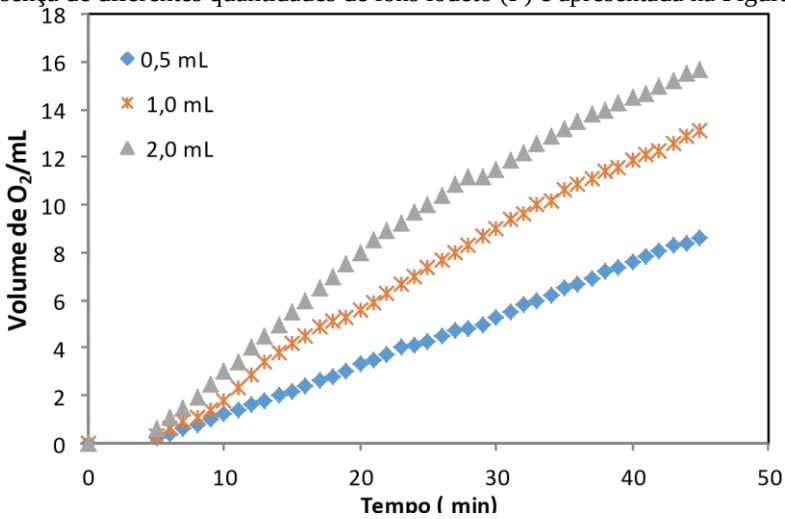


Figura 2. Volume de O_2 gerado na decomposição catalítica do H_2O_2 empregando diferentes volumes da solução KI 0,5 $mol.L^{-1}$.

Observa-se que em todas as condições avaliadas ocorre um aumento na produção de oxigênio molecular com o tempo. O teor de íons iodeto apresentou um efeito positivo na produção de O_2, ou seja, quanto maior a concentração de iodeto maior a produção de O_2. Este efeito sugere uma dependência da decomposição do H_2O_2 em relação à quantidade de íons iodeto.

Considerando que a decomposição catalítica do peróxido não necessariamente ocorre mediante mecanismo via radicais livres, ou seja, com geração do radical HO* responsável pela degradação oxidativa dos poluentes, foram realizados ensaios, na presença de um contaminante orgânico, o azul de metileno. Os dados do volume de O_2 gerado para a reação de decomposição catalítica do peróxido de hidrogênio na presença do azul de metileno em diferentes pHs estão apresentados na Figura 3.

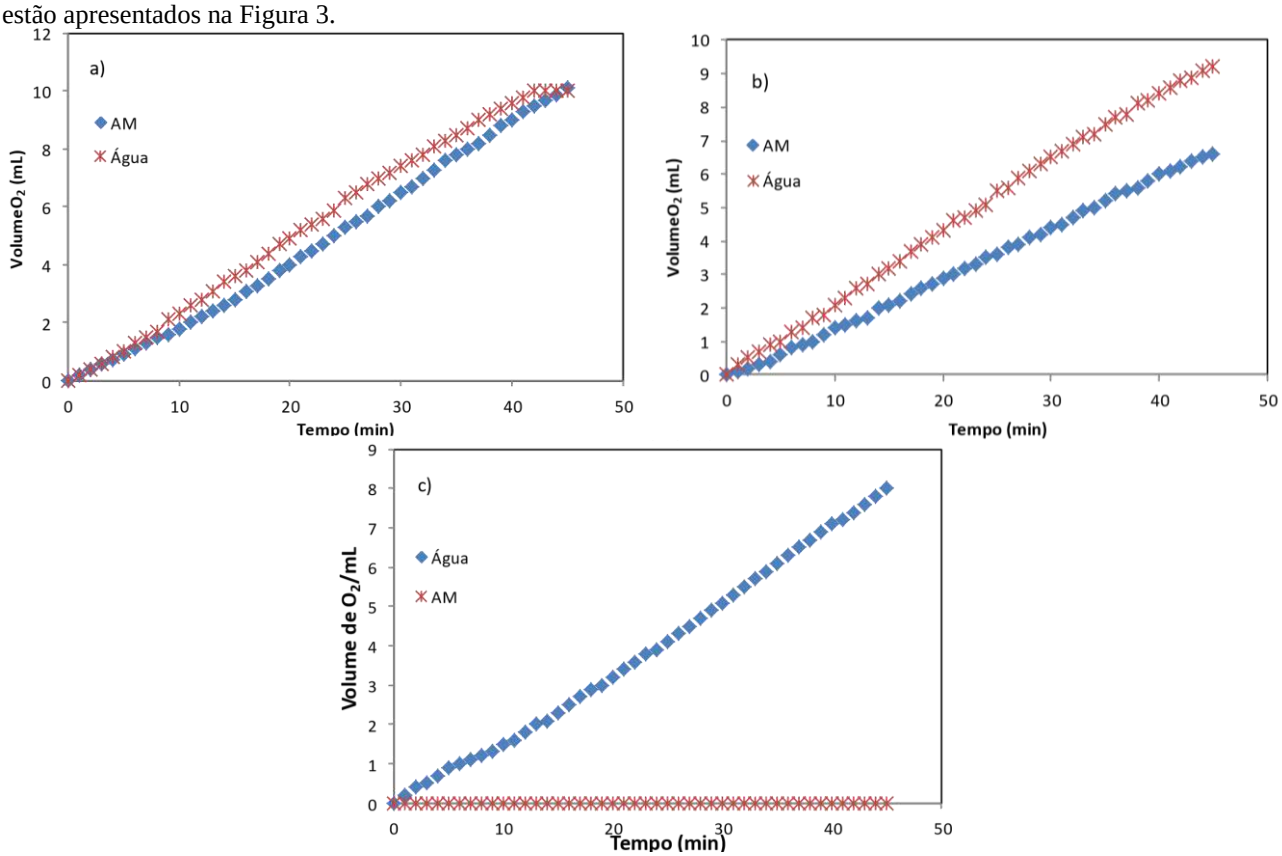


Figura 3 - Volume de O_2 gerado na decomposição catalítica do H_2O_2, variando o pH: a) pH = livre (6,7); b) pH = 3; c) pH = 2,5.

Na reação em pH livre, observa-se um aumento na produção de oxigênio molecular com o tempo, sendo a geração de oxigênio em quantidade muito semelhante para a água e para a solução de azul de metileno (AM), evidenciando que não houve a produção de radicais hidroxila. Corrobora com esta hipótese a ausência de remoção de cor da solução de azul de metileno empregado como molécula modelo.

Já nos ensaios conduzidos em pH ácido, observa-se que para as reações conduzidas na presença do azul de metileno houve uma produção de O_2 inferior à do ensaio conduzido somente com água e peróxido. Esta tendência sugere um efeito inibidor do azul de metileno em relação à decomposição do H_2O_2, o que é característico de um mecanismo radicalar para a decomposição catalítica do peróxido (Oliveira et al., 2007). Quando o mecanismo é via radicais livres, nos ensaios conduzidos na presença de um contaminante orgânico, observa-se um efeito competidor, pelos radicais HO*, entre as reações de decomposição do H_2O_2 e de oxidação do poluente orgânico (Oliveira et al., 2006 e 2007), conduzindo a uma diminuição da geração de O_2.

Os resultados dos ensaios de avaliação catalítica mostraram que o iodeto atua promovendo um mecanismo radicalar de decomposição do H_2O_2. Sendo assim, resultados estão de acordo com os dados teóricos da reação redox entre o peróxido de hidrogênio e iodeto, em que o iodeto atua como agente redutor do H_2O_2, conduzindo à geração do radical hidroxila, ou seja, o sistema constitui um processo oxidativo avançado.

Já nos ensaios conduzidos em pHs ≤ 3, observa-se que para as reações conduzidas na presença do azul de metileno houve uma produção de O_2 inferior à do ensaio conduzido somente com água e H_2O_2. Com destaque para a reação conduzida em pH 2,5, onde não houve geração de oxigênio. Esta tendência é característica de um mecanismo radicalar na decomposição catalítica do peróxido (OLIVEIRA et al., 2008). OLIVEIRA et al. (2009) relatam que o quando o mecanismo de decomposição do H_2O_2 é via radicais livres, nos ensaios conduzidos na presença de um contaminante orgânico, observa-se um efeito competidor, pelos radicais HO*, entre as reações de decomposição do H_2O_2 e de oxidação do poluente orgânico (AM), conduzindo a uma diminuição da geração de O_2.

Corrobora com esta hipótese duas situações distintas: i) a remoção de cor da solução de azul de metileno proporcionado pela reação de degração/oxidação desta molécula e; ii) e o $\Delta E°$ positivo da reação de oxidação-redução entre o peróxido de hidrogênio e o iodeto, indicando que a reação redox ocorre espontaneamente, ou seja, se comporta como uma pilha galvânica, conforme as reações a seguir:

$H_2O_2 + 2e^- \rightarrow HO^\bullet + OH^-$	Semi – reação do cátodo/ $E° = 1,77eV$
$I_2 + 2e^- \rightarrow I^-$	Semi – reação do ânodo/ $E° = 0,53$ eV
$H_2O_2 + 2I^- \rightarrow I_2 + HO^* + OH^-$	$\Delta E° = E°cátodo – E°ânodo = 1,24$ eV

Sendo assim, teoricamente e experimentalmente (resultados da atividade da catalítica) a reação é favorável a decomposição radicalar do H_2O_2.

De acordo com Braya e Liebhafskya (1931), a completa oxidação do iodeto em iodo só é possível em uma concentração elevada de íons H^+, este fato justifica o bom resultado da atividade catalítica em meio reacional com pHs muito baixos. O processo Fenton tradicional apresenta condições semelhantes de operação, sendo o pH entre 2,5 e 3,0 considerado ótimo para o processo. Não foram testados pHs abaixo de 2,5, uma vez que níveis de pH< 2,5 resultam no consumo de radicais hidroxila (Wang et al, 2016).

4. CONCLUSÃO

Os resultados dos ensaios realizados mostraram que o iodeto atua promovendo um mecanismo radicalar de decomposição do H_2O_2, sendo que o pH é uma variável que deve ser considerada, pois o mecanismo somente se manifestou em pH 2,5 e 3.

O mecanismo radicar observado experimentalmente está de acordo com os dados teóricos da reação redox entre o peróxido de hidrogênio e iodeto, em que o iodeto atua como agente redutor do H_2O_2, conduzindo à um processo redox espontâneo, ou seja, gerando uma pilha galvânica (ΔE positivo).

5. AGRADECIMENTOS

FAPERGS, CNPq e URI-Erechim

6. REFERENCIAS

AGUIAR, A., FERRAZ, A., CONTRERAS, D. e RODRIGUES, J., Mecanismo e Aplicação da Reação fenton assistida por compostos fenólicos redutores de ferro. *Química Nova*, 30, 623-628, 2007.

ALBERICI, R. M.; JARDIM, W. F. Destruição de compostos orgânicos voláteis em fase gasosa por fotocatálise heterogênea. Tese de Doutorado em Química Analítica. Curso de Pós Graduação em Química, Instituto de Química, UNICAMP, Campinas , 1996.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E.. Planejamento e otimização de experimentos. 2. ed. Campinas: Unicamp , 1996.

BOBÉ, A.; MEALLIER, P., COOPER , J. F.; COSTE , C. M., Kinetics and Mechanisms of Abiotic Degradation of Fipronil (Hydrolysis and Photolysis).*J. Agric. Food Chem.*, 46 (7), 2834 -2839, 1998.

BOSSMANN, S.H, OLI VEROS, E., GÖB, S., SIEGWART, S., DAHLEN, E.P., PAYAWAN, L., STRAUB, M., WÖRNER, M., BRAUN, A.M.,New evidence against hydroxyl radicals as reactive intermediates in the thermal and photochemically enhanced Fenton reactions, *J. Phyis. Chem*. 102, 5542-5550, 1998.

CASTRO, C.S.; GUERREIRO, M.C.; OLIVEIRA, L.C.A.; GONÇALVES M.; ANASTACIO, A.S.; NAZZARRO, M., Iron oxide dispersed over activated carbon: Support influence on the oxidation of the model molecule methylene blue, Applied Catalysis A: General 367, 53–58, 2009.

DALLAGO, R. M. ; SMANIOTTO, A. ; CONCEIÇÃO, L. DA ; OLIVEIRA, L. C. A. ; FERRAZ, W., Degradação de corantes têxteis via sistema fenton heterogêneo: efeito da presença de um ácido orgânico. In: XII Encontro de Química da região Sul, 2004, Guarapuava. Livro de resumos. Guarapuava : Unicentro, 2004.

FERNÁNDEZ-ALBA, A. R., AGÜERA, A., ALMANSA, E., MALATO ,S.; Evaluation of photocatalytic degradation of imidacloprid in industrial water by GC-MS and LC-MS**.** *Analysis,* 26, 245 -251, 1998.

FERNÁNDEZ-ALBA, R., MALATO, S.; BLANCO, J.; CÁCERSES, J. et al, Photocatalytic treament of water soluble pesticides by photo-fenton and TiO_2 using solar energy. *Catalysis Today*, 76, 209220, 2002.

FERRAZ, W.; DALLAGO, R., OLIVEIRA, L.C.A. E CONCEIÇÃO, L., Effect of organic acid to enhence the oxidative power of the fenton-like system: Computational and empirical evidences. *Catalyisis Communications,* 8 131-134, 2007.

FERRAZ, W.; OLIVEIRA, L.C.A.; DALLAGO, R. M. E.C ONCEIÇÃO, L.; A novel heterogeneous Fentonlike system comprised of H_2O_2, an organic acid and an iron oxide - An empirical and computacional study. *In: 5th World Congress on Oxidation Catalysis,* Sapporo, Japão, 2005.

GOGATE, P. R.; PANDIT, A. B., A Review of Imperative for Wastwater Treatment I: Oxidation Technologies at Ambient Conditions. *Advances in Environmental Research*, 8(3-4), pp. 501-551, 2004.

GONÇALVES, M.; GUERREIRO. M.C.; RAMALHO, T.C.; PEREIRA. M.C.; SAPAG, K. ; A new catalyst material based on niobia/iron oxide composite on the oxidation of organic contaminants in water via heterogeneous Fenton mechanisms, Applied Catalysis A: General, 316 , 117–124, 2007.

LAGO, R. M. ; MOURA, F. C.C ; ARAUJO, M. H. ; ARDISSON, J D ; FABRIS, J. D. ; MACEDO, W. . Highly reactive species formed by the interface reaction in Fe-Iron oxides particles: an efficient electronn transfer system for environmental applications. *Applied Catalysis General,* v. 307, p. 195205, 2006.

LAGO, R.M.; COSTA, R.C.C.; LELIS, M.F.F.;, FABRIS. J.D.; ARDISSON, J.D.; RIOS R.R.V.A.; SILVA, C.N.; Novel active heterogeneous Fenton system based on Fe3−*x*M*x*O4 (Fe, Co, Mn, Ni): The role of M2+ species on the reactivity towards H2O2 reactions; Journal of Hazardous Materials B129, 171–178, 2006.

LOVLEY, D.R.; WOODWARD, J.C.; CHAPELLE, F.H. Stimulated anoxic biodegradation of aromatic hydrocarbons using Fe (III) ligands. *Nature, 370:* 128, 1994.

NOGUEIRA, R.F.P.; TROVÓ, A.G., da Silva, M.R.A., VILLA, R. D. e Oliveira, M.C., Fundamentos e aplicações ambientais dos processos fenton e foto-fenton. *Química Nova*, 30 (2), 400-408, 2007.

O´NEILL, P.; Environmental Chemistry, 2nd. ed., Chapman & Hall: Londres, 1995.

OLIVEIRA, L.C.A.; RAMALHO, T.C.; SOUZA, E.F., GONÇALVES, M.; OLIVEIRA, D.Q.L.; PEREIRA, M.C.; FABRIS. J.D.; Catalytic properties of goethite prepared in the presence of Nb on oxidation reactions in water: Computational and experimental studies, Applied Catalysis B: Environmental, 83, 169–176, 2008.

OLIVEIRA, L.C.A.; SILVA, A.C.; OLIVEIRA, D.Q.L.; ANASTACIO, A.L.; RAMALHO, T.C.; LOPES, J.H.; CARVALHO, H.W.P.;RODRIGUEZ TORRES, C.E.; Nb-containing Hematites Fe2_xNbxO3: The role of Nb5+ on the reactivity in presence of the H2O2 or ultraviolet light, Applied Catalysis A: General 357, 79–84, 2009.

PERA-TITUS, M., GARCIA-MOLINA, V., BAÑOS, M.A., GIMÉNEZ, J., ESPUGLAS, S. D of cllorophenols by means of advanced oxidation processes: a general review, Applied Catalysis B: Environmental, 47, 219-256, 2004.

SCHWARZENBACH, R.P.; STIERLI, R.; LANZ, K.; ZEYER, J. Quinone and iron porphyrin mediated reduction of nitroaromatic compounds in homogeneous aqueous solution. *Environmental Science & Technology*, 24:(10) 1566, 1990.

STUMM, W. Chemistry os the Solid-Water interface: processes at the mineral-water and particle-water interface in natural systems. New York, *Wiley/Interscience*, 428p., 1992.

TEIXEIRA, C. P., B., DE ALMEIDA; JARDIM, W., F., Processos oxidativos avançados. *Caderno temático*. v. 3. Instituto de Química UNICAMP, Campinas, 2004

TORRADES, F.; PEREZ M.; MANSILLA, H. D.; PERAL, J.; Experimental design of Fenton and photoFenton reactions for the treatment of cellulose bleaching effluents, *Chemosphere*, *53*, 1211-1220, 2003

WALLING, C.; GOOSEN, A.; Mechanism of the ferric ion catalyzed decomposition of hydrogen peroxide. Effect of organic substrates, *J. Am. Chem. Soc*., *95*, 2987-2991, 1973

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ TOTAL EM VINHOS ARTESANAIS PRODUZIDOS NA MICRORREGIÃO DE ERECHIM-RS

Hortência Adelina Scolari
Natália Ambrósio
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
nati_ambrosio07@outlook.com

Elton Luis Hillesheim
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
hillesheim796@gmail.com

João Carlos Krause
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Santo Ângelo, Av. Universidade das Missões, 464, 98802-470, Rio Grande do Sul, Brasil.
krause@san.uri.br

Luciana Dornelles Venquiaruto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
venquiaruto@uricer.edu.br

Rogério Marcos Dallago
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99709-910, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
dallago@uri.com.br

Resumo: *O vinho é uma bebida obtida a partir da fermentação alcoólica de uvas sãs e frescas ou o suco das mesmas, que transforma o açúcar presente em álcool, devido a ação de leveduras com atividade biológica. Além do álcool são produzidos o gás carbônico e compostos secundários, com liberação de calor. Neste trabalho, analisaram- se vinte amostras de vinhos artesanais coletados na microrregião de Erechim/ RS. As amostras foram encaminhadas para análise no Laboratório de Química Analítica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- Campus Erechim. Para a quantificação do teor de acidez total presente nas vinte amostras fez-se uso da volumetria de neutralização. Os resultados obtidos demonstraram que grande parte dos vinhos analisados estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente no Brasil- Portaria nº 229, de 25 de outubro de 1988 do Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento– MAPA- que determina um limite entre 55 e 130 meq/L de acidez total em vinhos.*
Palavras- chave: *Vinho artesanal, qualidade, acidez total.*

1. INTRODUÇÃO

O vinho é uma bebida alcoólica, resultante da fermentação do mosto de uvas frescas, sãs e maduras por intermédios de microrganismos chamados leveduras, os quais transformam açúcar em álcool e numa série de elementos secundários em quantidades variadas, de modo que o produto adquira características próprias que o identificam como uma das bebidas mais requisitadas (ROSIER, 1993). A Portaria n.º 229, de 25 de outubro de 1988, define o vinho como sendo exclusivamente a bebida resultante da fermentação alcoólica completa ou parcial da uva fresca, esmagada ou não, ou do mosto simples ou virgem, com um conteúdo de álcool adquirido mínimo de 7% (v/v a 20ºc.). Sendo classificado em vinho de mesa; vinho leve; vinho fino ou vcp (vinho de qualidade preferencial); vinho espumante; vinho frisante; vinho gaseificado; vinho licoroso e vinho composto. Tendo como tipos vinho tinto; vinho rosado ou rosé e vinho branco (BRASIL,1988).

A vinificação é conjunto de procedimentos e processos empregados para a transformação da uva madura em vinho, engloba a fermentação, estabilização e envelhecimento do vinho (GAVA *et al.*, 2008). As diferenças entre os

tipos de vinhos se deve a fatores que envolvem diversas famílias de compostos químicos responsáveis pela cor, pelo aroma e pelo gosto. Estas características sofrem influência do clima, do solo, da variedade, da idade da videira, do estágio de maturação da uva, à colheita e ao tipo e tecnologia da vinificação (GUERRA e BARNABÉ, 2005).

As principais substâncias que constituem o vinho são: água, açúcares, polissacarideos, alcoóis, ácido, proteínas e substâncias nitrogenadas, sais de ácidos minerais e orgânicos, contém substâncias fenólicas, como os flavonóides, os estilbenos, os ácidos fenólicos e uma grande variedade de taninos (MORAES e LOCATELLI, 2010; MARTINS e NICOLETTI, 2016). Sendo que a água é o maior componente do vinho, contribui com cerca de 80% de seu volume. Já o álcool etílico é o constituinte mais importante do vinho, após a água, e representa 99,5% do álcool contido no vinho (JACKSON, 2008).

O vinho, quando consumido em quantidade moderada durante as refeições, apresenta efeito benéfico à saúde do consumidor. O consumo moderado de vinhos apresenta os seguintes aspectos positivos: Favorece a digestão alimentar, por apresentar uma constituição ácida que aumenta a salivação e a liberação do suco gástrico, inibe o desenvolvimento de certos microrganismos patogênicos, por ter um efeito anti-séptico, contribui para reduzir os problemas cardiovasculares, por conter compostos fenólicos em sua composição que exercem ação sobre as artérias, bem como ação anticoagulante, inibindo a formação de placas, além de favorecer a formação do HDL, conhecido como bom colesterol, apresenta também efeito antioxidante, combatendo os radicais livres, devido o seu teor de compostos fenólicos (RIZZON e DALL'AGNOL, 2007). Porém como qualquer bebida alcoólica, o vinho pode causar problemas, quando ingerido em excesso.

Os benefícios do consumo de vinho estão relacionados ao etanol e aos compostos fenólicos presentes, em especial o resveratrol. A função do resveratrol na uva é proteger contra fungos, bactérias, vírus e radiação solar, e é encontrado na casca, semente e polpa da uva (MOURA *et al*., 2016).

Como o vinho é largamente utilizado nas dietas e possui aporte calórico elevado, sua contribuição no ganho ponderal e controle glicêmico pode ser considerável. Dessa forma com o consumo habitual há o favorecimento de um maior estoque de lipídios e aumento do peso corporal e consequentemente aparecimento da obesidade. O acúmulo de gorduras acontece preferencialmente no abdome. O etanol também é considerado um estimulador do apetite com atuação em vários sistemas neuroquímicos através da inibição da leptina e serotonina (MOURA *et al*., 2016).

A determinação das propriedades físico-químicas dos vinhos possibilita identificar ou não sua qualidade. No momento da colheita, a composição das bagas (como os teores de açúcares, ácidos, taninos, polifenóis não oxidáveis, capacidade antioxidante, aromas, enzimas oxidorredutoras e microelementos) é essencial para a qualidade do vinho. O conjunto dessa composição garante o caráter distintivo e de qualidade e está diretamente relacionado ao material genético da cultivar, às técnicas culturais adotadas no vinhedo e ao próprio ecossistema vitícola, além do clima e do solo, são fatores que influenciam na qualidade final do vinho e também influenciam diretamente em diversas características físico-químicas da uva, entre as quais o pH, os teores de sólidos solúveis, a acidez titulável, o potássio e os compostos fenólicos totais (SILVA *et al.*, 2015).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a acidez total de vinte amostras de vinhos, produzidos artesanalmente, na microrregião de Erechim/RS. Os resultados foram confrontados com os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente (Portaria N.º 229, DE 25 DE OUTUBRO DE 1988, do Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento - MAPA) e foram encaminhados para os produtores rurais.

2. METODOLOGIA

A pesquisa teve um caráter experimental. Primeiramente foram coletadas, as amostras de vinhos artesanais, diretamente nas propriedades de produtores rurais localizadas na microrregião de Erechim-RS, durantes os meses de julhoe a agostode 2017. Posteriormente as amostras coletadas foram encaminhadas para análise no Laboratório de Química Analítica da Universidade Regional Integrada do Alto uruguai e das Missões URI-Campus Erechim.

Para determinar a acidez total das amostras dos vinhos utilizou-se como instrumento analítico a titulação volumétrica seguindo metodologia citadas por Mendham, (2012); Harris, (2012); Baccan, (2013), como titulante utilizou-se uma solução 0,1M de hidróxido de sódio (NaOH) padronizada. A técnica foi executada conforme orientação da Legislação Vigente, seguindo as etapas descritas a seguir:

I-Retirou-se com o auxílio de uma pipeta volumétrica uma alíquota de 10 mL da amostra de vinho e transferiu-se para um Erlenmeyer de 250 mL; onde foram posteriormente diluídas com a quantidade de 100 mL de água destilada.

II-Na sequência a amostra foi submetida a titulação com uma solução padrão de NaOH 0,1M, até pH 8,2. Salienta-se que o pH foi acompanhado durante a titulação, de forma instrumental, empregando eletrodo de pH.

III-Após o término da titulação a quantidade de hidróxido de sódio utilizado na análise foi anotado para efetuar, posteriormente, os cálculos segundo a Equação 1.

$$AT(mEq.L^{-1}) = \frac{1000\ x\ V_{NaOH}\ x\ N_{NaOH}}{Va} \quad (1)$$

onde:
V (NaOH) = volume da solução de NaOH gasto na titulação (mL)
N = normalidade da solução de NaOH
Va = volume da amostra (mL)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos referentes ao teor de ácido acético para as vinte amostras de vinho, coletadas diretamente nas propriedades rurais localizadas em algumas cidades da Microrregião de Erechim- RS, encontram-se apresentas na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de acidez nos vinhos, expressos em teor de ácido tartárico (meq/L)

Cidades onde as amostras foram coletadas	Média do volume gasto de NaOH 0,1M (mL)	Acidez Total expressa em ácido tartárico (meq/L)
Ipiranga do Sul*	**13,67±0,21**	**136,67**
Getúlio Vargas *	6,90±0,00	69,00
Erebango*	12,7±0,26	127,00
Charrua*	**15,53±0,21**	**155,33**
Erechim*	14,07±0,06	128,71
Mariano Moro*	13,93±0,15	127,49
Estação*	**19,13±0,90**	**175,07**
Três Arroios*	14,10±0,35	129,02
Severiano de Almeida *	**18,50±0,75**	**185,00**
Floriano Peixoto*	5,93±0,06	59,33
Floriano Peixoto**	7,57±0,38	69,24
Mariano Moro**	8,77±0,25	80,22
Aratiba*	10,87±0,06	111,38
Aratiba**	8,4±0,10	86,10
São Valentim*	11,57±0,25	118,56
Barra do Rio Azul*	11,37±0,55	116,51
Itatiba do Sul	**15,43±0,15**	**158,19**
Barão de Cotegipe*	10,70±0,17	109,68
Barra do Rio Azul**	9,57±0,06	98,06
Charrua**	10,87±0,64	99,43

*Vinhos tintos
**Vinhos brancos

Pode-se observar que a maiorias dos vinhos analisados, encontram-se dentro do parâmetro para a acidez total recomendado pela nº 229, DE 25 DE OUTUBRO DE 1988 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que fixa padrões de qualidade entre 55 e 130 meq/L.

Verifica-se também que das vinte amostras cinco (em negrito) apresentaram valores para a acidez total acima do limite estabelecido pela legislação. Estes resultados se devem, possivelmente, aos métodos empregados para a produção do vinho e, principalmente, a forma que estes foram armazenados. Vale ressaltar que os vinhos devem ser armazenados em frascos bem vedados sem que haja contato do mesmo com o ar atmosférico. Uma vez que o oxigênio do ar é o principal responsável pelo processo oxidativo que transforma o etanol em ácido acético, principal responsável pela acidez em vinhos.

Salienta-se que os resultados obtidos foram encaminhados para os agricultores que forneceram as amostras de vinhos para a realização desta pesquisa, com objetivo destes terem o conhecimento da qualidade do vinho produzido em termos de acidez, parâmetro este que os mesmos poderão empregar (principalmente os que apresentaram valores acima do permitido) para reavaliar o processo de produção e armazenamento de seus vinhos.

4. CONCLUSÕES

Os resultados, bem como as pesquisas e o desenvolvimento da parte experimental das análises foram de grande valia para o conhecimento da qualidade dos vinhos produzidos na microrregião de Erechim-RS, uma vez que a produção e consumo de vinhos artesanais é altamente difundida nesta microrregião, além de ser um valor cultural, uma vez que a produção em nível familiar é perpetuada ao longo da gerações. Quanto aos valores obtidos demostram que a maioria das amostras analisadas encontraram-se de acordo com o permitido pela legislação vigente. O retorno ao produtor é de grande valia, principalmente nos vinhos com acidez elevada, pois permite ao mesmo reavaliar seu processo de produção e armazenamento no intuito de melhorar a qualidade de seu produto.

5. AGRADECIMENTOS

À URI, FAPERGS, CNPq.

6. REFERÊNCIAS

BRASIL. Dispõem sobre a produção, circulação e comercialização de vinho e derivados da uva e do vinho e dá outras providencias. Lei nº 7.678 de 08 de novembro de 1988. *Diário oficial da União*, 09 de novembro de 1988. Acessado em 17 de agosto de 2017 às 01:40:35 h. Disponível (online) <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/L7678.htm>.

BRASIL, 2017. Ministério da Agricultura. Pecuária e Abastecimento Dispõe sobre padrões de identidade e qualidade de vinho. PORTARIA N.º 229, DE 25 DE OUTUBRO DE 1988. *Diário Oficial da União*. Acessado em 17 de agosto de 2017. Disponível online em http://www.ibravin.org.br /downloads/ 1379428297.pdf

BACCAN, Nivaldo, 2013 *Química analítica quantitativa elementar*. São Paulo: Edgard Blücher.

GAVA, Altanir Jaime; DA SILVA, Carlos Alberto Bento; FRIOS, Jenifer Ribeiro Gava, 2008. *Tecnologia de alimentos-Princípios e aplicações*. Editora Nobel, São Paulo.

GAUTO, Marcelo Antunes; ROSA, Gilber Ricardo, 2011. *Processos e operações unitárias da indústria Química*. Editora Ciência Moderna, RJ.

GUERRA C.C., BARNABÉ D., 2005. *Tecnologia de bebidas*: matéria prima, processamento BPF/APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher.

HARRIS, Daniel C., 2012. *Análise química quantitativa*. Rio de Janeiro: LTC.

JACKSON, R. S., 2008. *Ciência do vinho***:** princípios e aplicações. San Diego: Academic Press.

MARTINS, P. P.; NICOLETTI, M. A., 2016. Polifenóis no vinho: resveratrol e seus benefícios**.** *Infarma Ciências Farmacêuticas.* v. 28, p. 216-225, São Paulo.

MENDHAM, J., 2012. *Vogel análise química quantitativa.* Rio de Janeiro: LTC.

MOURA, E. G.; BRITO-FILHO, S. B.; SANTOS, O.J.; SAUAIA- FILHO, E. N. S.; AMORIM, E.; SANTANA, E. E. C.; BARROS-FILHO, A. K. D.; SANTOS, R. A. P., 2016. Efeito da ingestão crônica de vinho sobre a homeostase glicêmica, lipídica e ponderal em camundongos. *ABCD, Arquivos brasileiros de cirurgia digestiva***.** v. 29, n. 3, São Paulo, Julho/Setembro.

MORAES, V.; LOCATELLI, C., 2010. Vinho: uma revisão sobre a composição química e benefícios à saúde. **Revista** *Evidência*. v. 10, n. 1-2, p. 57-68, Joaçaba.

RIZZON, Luiz Antenor; DALL'AGNOL, Irineo, 2007. *Coleção agroindústria familiar vinho tinto* **–** Embrapa Informação Tecnológica, Brasília/ DF.

ROSIER, Jean Pierre, 1993. *Manual de elaboração de vinho para pequenas cantinas***.** Florianópolis: EPAGRI.

SILVA, M. J. R.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; BRUNELLI, L. T.; IMAIZUMI, V. M.; FILHO, W. G. V., 2015 Composição físico-química do mosto e do vinho branco de cultivares de videiras em resposta a porta-enxertos. *Pesquisa agropecuária brasileira*. v. 50, n. 11, Brasília.

7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DA CITRONELA (*CYMBOPOGON WINTERIANUS*)

Jéssica Luiza Tartari
Rogério Luis Cansian
Geciane Toniazzo Backes
Natália Paroul
Departamento de Ciências Exatas e da Terra - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Erechim.
Av. Sete de Setembro 1621, Erechim – RS, CEP 99700-000, Brasil.
jessicatartari1996@gmail.com
cansian@uricer.edu.br
gtoniazzo@uricer.edu.br
nparoul@uricer.edu.br

Resumo. *A Citronela é cultivada em regiões tropicais e seu cultivo no Brasil foi iniciado devido a seus atributos de ornamentação e propriedades medicinais. O óleo essencial encontrado em células oleíferas da Citronela atua na inibição e no combate ao mosquito* Aedes aegypti*. Ainda tem propriedades anti-convulsoras, anti-espasmódico e analgésico, sendo também utilizado como aromatizante de ambiente e como material de partida para a síntese da Vitamina A. Devido a este propósito o presente estudo buscou avaliar a composição química e o rendimento do óleo essencial da Citronela (*Cymbopogon winterianus*). A extração foi realizada por hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger durante uma hora, tendo um rendimento de 1,8%. A análise cromatográfica permitiu identificar 18 substâncias tendo citronelal (40%), geraniol (17%) e citronelol (28%) como componentes majoritários responsáveis por 85% de composição química total. Os álcoois monoterpênicos (49,5%) apresentam a fração majoritária do óleo essencial seguidos pela fração de aldeídos (40,6%).*
Palavras-chave: *Óleo essencial, Cymbopogon winterianus*, composição química.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da demanda crescente de produtos naturais, os seus valores terapêuticos, aromáticos e relativos à atividade antimicrobiana, são pouco estudados no Brasil, se comparados a outros países. O estudo dos princípios ativos, obtidos a partir de vegetais por diferentes técnicas extrativas, é um campo de relevante importância científico-econômica para o país (Martinazzo *et al*., 2007).

Uso de óleos essenciais como inseticidas e repelentes no controle de pragas tem se desenvolvido muito nos últimos anos. O emprego de extratos de plantas tem inúmeras vantagens, quando comparados com a utilização de compostos sintéticos, como a baixa toxicidade ao meio ambiente, e por serem ponto de partida para a síntese de novos produtos com propriedades biológicas (Maia e Parente Jr, 2008).

O óleo essencial de citronela é utilizado na fabricação de perfumes, velas, incensos, desinfetantes e na aroma terapia entre outros (Maia e Parente Jr, 2008). Dentre suas atividades biológicas, destacam-se a ação repelente de insetos (Nerio *et al*., 2010), apresentando atividade contra larvas do mosquito Aedes aegypti (Mendonça *et al*., 2005) e a atividade antimicrobiana (Duarte *et al*., 2007; Oliveira *et al*., 2011).

O óleo essencial extraído de citronela possui alto teor de citronelal, geraniol e citronelol. O citronelal é utilizado como material básico para a síntese de importantes compostos químicos denominados iononas e para a síntese de vitamina A (Castro *et al.;* 2004).

Dada à importância da espécie na indústria de cosméticos, farmacêutica e de química fina estudos referentes ao processo de atividade antimicrobiana e antifúngica são de grande importância. Dentro deste contesto o objetivo deste trabalho foi determinar a composição química do óleo essencial da Citronela (*Cymbopogon winterianus*).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A parte experimental foi dividida em três partes: Iniciando pela coleta da planta, extração do óleo essencial e caracterização dos compostos do óleo essencial. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Orgânica da Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, Erechim – Campus I (URI – Campus I).

2.1 Material vegetal

A coleta foi realizada no mês de novembro de 2016 na época de floração, no município de Erechim/RS (Figura1). Uma amostra do material vegetal foi catalogada pelo Herbário Padre Balduíno Rambo (HPBR) na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões de Erechim e a exsicata foi depositada no herbário com o registro HPBR 11.903.

Figura 1: Foto de Citronela (*Cymbopogon winterianus*).

2.2 Obtenção do óleo essencial da *C. winterianus*.

Para a extração do óleo a planta desidratada foi cortada e 200g foram colocados no balão de fundo redondo de 5L. A extração foi feita por hidrodestilação em aparelho Clevenger (Fig. 2) durante 1 hora a partir do início da ebulição.

Figura 2: Extração do óleo de Citronela por hidrodestilação em aparelho do tipo Clevenger

2.3 Análise cromatografica

A análise da composição química do óleo essencial de *C. winterianus* foi realizada por Cromatografia Gasosa e Espectrometria de Massas CG-EM em aparelho Shimadzu, Modelo QP 5050ª. Foi empregada uma coluna capilar DB-5 (30 m x 0,25 mm de diâmetro x 0,25 μm de espessura do filme); vazão do gás de arraste (hélio) de 0,8 mL/min; detector em 1,0 Kv; Modo plit (1:20); injetor a 280ºC a interface em 300ºC. Programação da temperatura inicial 50ºC (3 min); primeira rampa de aquecimento: 4ºC/min até 300ºC e um tempo de corte do solvente de 4 min. O tempo total de análise foi de 65,5 minutos. Os picos dos compostos foram integrados de modo manual e comparados com a literatura e o branco de dados (Wiley) do equipamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Rendimento

O rendimento do óleo essencial de Citronela foi de 1,8% com a planta desidratada. Pereira (2006) obteve um rendimento de 2,16% da planta *Cymbopogon winterianus* já desidratada. Avaliando os resultados obtidos com o que a literatura mostra, observou-se uma pequena diminuição de rendimento no óleo essencial obtido da mesma espécie de planta. Este resultado pode ser justificado por ser uma planta jovem e coletada em sua época de floração.

Da mesma forma Pereira (2016) obteve um rendimento de 2,8% nos dias mais quentes, em um local com baixa umidade do solo e das folhas da planta. Foi possível observar que nas temperaturas mais frias a produção do óleo pela planta diminuiu, concluindo que tanto a temperatura quanto a umidade são fatores mais importantes na hora da coleta.

3.2 Composição química do óleo essencial da Citronela

A Fig. 3 apresenta perfil cromatográfico do óleo essencial da Citronela, obtido por cromatografia gasosa (CG).

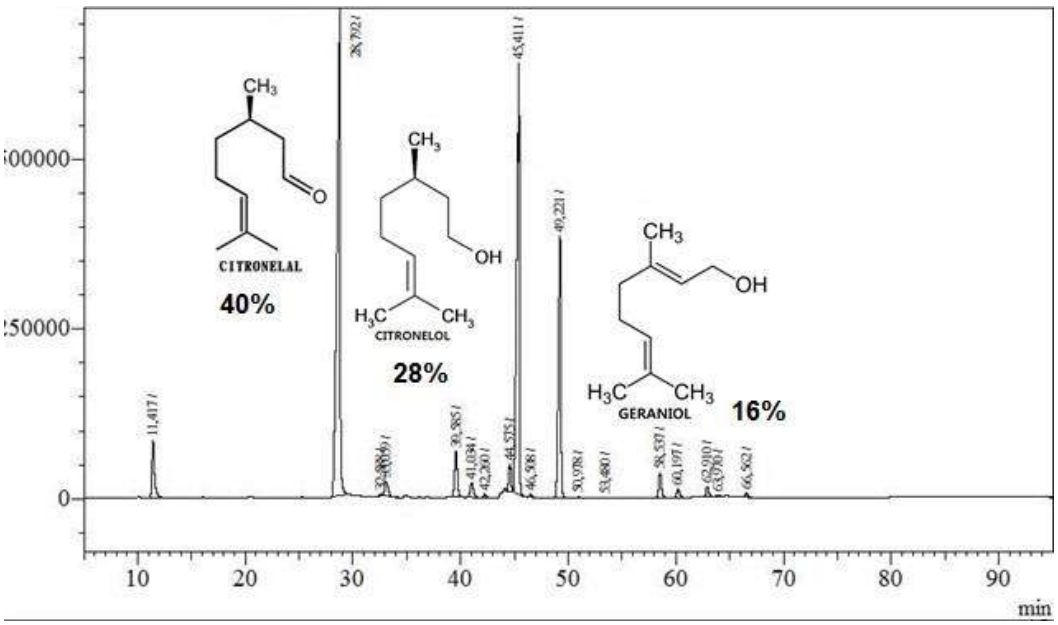


Figura 3: O cromatograma do óleo essencial da Citronela onde os maiores picos são os compostos majoritários citronelal, citronelol e geraniol respectivamente.

Na Tab. 1 pode-se observar a composição química do óleo essencial apresentando o citronelal (40%) como componente majoritário, seguido pelo geraniol (16%) e citronelol (28%). Os compostos minoritários como o β-elemeno, ɣ-cadieno, α-muuroleno e neo-isopulego não foram encontrados, diferente do estudo realizado por Oliveira et al., (2011) que obteve os compostos minoritários e também os majoritários. Scherer *et al*., (2009) encontrou 45% de citronelal, 20,7% de geraniol e 14,4% de citronelol enquanto o Silveira *et al*., (2012) verificou a presença de 41,8% de citronelal, 19,6% de geraniol e 10,4 % de citronelol. Para ambos os casos o citronelol foi um dos componentes majoritários, responsáveis pela ação contra microrganismos.

Segundo Burt (2004), essas variações podem ser atribuídas a diferenças de época de colheita, tipo de solo, clima da região e umidade relativa do ar no dia da coleta.

Tabela 1. Compostos encontrados no óleo essencial da Citronela obtido pelo método de CG-EM.

Nº Pico	T.R.*	Nome	Área (%)
1	11,417	Limoneno	3,7
2	28,792	Citronelal	40,4
3	32,588	α – terpinoleno	0,1
4	33,059	Isopulegol	1,2
5	39,585	Citronelil acetato	3,1
6	41,034	Germacreno	1,2
7	42,26	Z - Citral	0,2
8	44,575	Geranil acetato	1,6
9	45,411	Citronelol	28,2
10	46,508	Nerol	0,2
11	49,221	Geraniol	16,5
12	50,978	Veridiflorol	0,05
13	53,48	Delta – cadinol	0,04
14	58,537	D – germacren – 4 – ol	1,8
15	60,197	Elemol	0,6
16	62,91	Eugenol	0,6
17	63,97	guaiol	0,1
18	66,562	α - cadinol	0,2
Total de compostos identificados			**99,7**

T.R.* - tempo de retenção.

Os compostos apresentados na Tabela 1 foram agrupados de acordo com seu grupo funcional como pode ser observado na Fig. 4, onde 90% do óleo essencial da Citronela é formado por frações de álcoois monoterpênicos (49,5%) e aldeídos (40,6%).

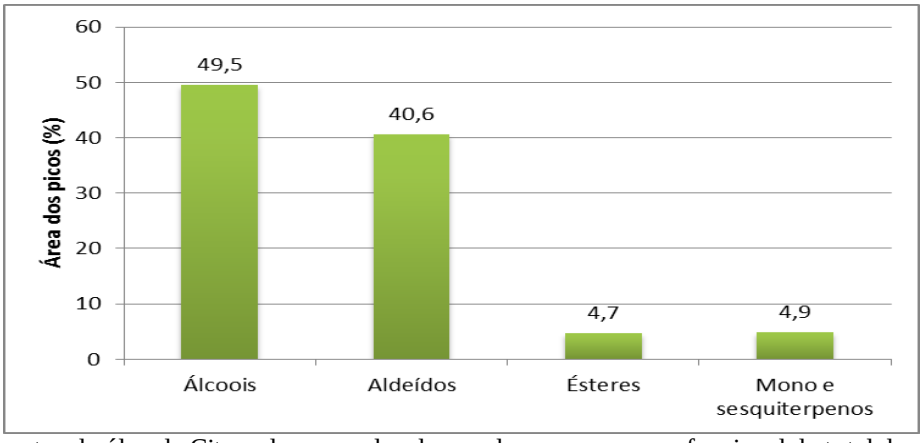


Figura 4: Compostos do óleo de Citronela agrupados de acordo com seu grupo funcional de total de compostos identificados

Andrade *et al*., (2012) afirma que estas diferenças de composição dos óleos essenciais de plantas de mesma espécie, podem variar devido a fatores ecológico e as condições edafoclimáticas. Num estudo, Marco *et al*., (2007) constatou que os componentes do óleo essencial de citronela são afetados pela época de coleta e espaçamento entre as plantas. O autor observou que o teor de geraniol foi superior em plantas colhidas quatro meses após o plantio, porém não houve influência do espaçamento e de altura de corte sobre este, assim também Blank *et al*., (2007) percebeu as diferença nos componentes do óleo essencial de Citronela conforme a estação do ano e a forma de secagem da planta.

O rendimento dos óleos essenciais também são afetados por diversos fatores, incluindo a espécie botânica, devido à diversidade genética. Tais fatores são: as partes utilizadas e metodologia empregada no processo de extração, fisiologia inerente à planta (fase de desenvolvimento, ciclo de polinização, variações sazonais, condições de estresse da planta), condições ambientais tais como clima, poluição atmosférica, características do solo, luminosidade, temperatura, pluviosidade, nutrição, época e horário de coleta, variações geográficas, interações entre planta/planta, planta/microrganismos e plantas/insetos (Gobbo-Neto e Lopes, 2007; Morais, 2009; Azambuja, 2011).

4. CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados obtidos neste trabalho, foi possível concluir-se que:

- O rendimento do óleo essencial da Citronela pode ser considerado alto correspondendo 1,8%.
- Os compostos majoritários encontrados no óleo essencial da Citronela foram o citronelal (40%), o geraniol (16%) e o citronelol (28%).
- O óleo essencial da Citronela é composto basicamente por álcoois monoterpênicos (49,5%) e aldeídos (40,6%).

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI-Erechim pelo apoio financeiro

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. A.; CARDOSO, M. G.; BATISTA, L. R.; MALLET, A. C. T.; MACHADO, S. M. F., 2012. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus, Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antiaxidante e antibacteriana. *Revista Ciência Agronômica.* Vol. 23, p. 399-408.

AZAMBUJA, W., 2011 *Química dos óleos essenciais e número de CAS.* W. Timol. Disponível em: http://oleosessenciais.org/category/padroes_tipos/padroes/q_t_padroes/timol/.

BLANK, A.F.; COSTA, A. G.; ARRIGONI-BLANK, M. de F.; CAVALCANTI, S. C. H.; ALVES, P. B.; INNECCO, R.; EHLERT, P. A. D.; SOUSA, I. F de., 2007. Influence of season, harvest time and drying on Java citronella (*Cymbopogon winterianus Jowitt*) volatile oil. *Brazilian Journal of Pharmacognosy.* Vol. 17, p. 557-64.

BURT, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Food Microbiology*, Amsterdam, Vol. 94, p. 223-253.

CASTRO, H.G.; FERREIRA, F.A.; SILVA, D.J.H. & MOSQUIM, P.R., 2004. *Metabólitos Secundários*: contribuição ao estudo das plantas medicinais. Viçosa: Ed. UFV, 2ª ed., p. 113.

DUARTE MCT; LEME EE; DELARMELINA C; SOARES AA; FIGUEIRA GM; SARTORATTO A., 2007 Activity of essential oils from Brazilian medicinal plants on *Escherichia coli*. *Journal of Ethnopharmacology.* , Vol.111, p. 197-201.

GOBBO-NETO, L., LOPES, N. P., 2007. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Resvista Química Nova*, São Paulo, Vol. 30, p. 374-381.

MARCO, C.A.. INNECCO, R.; MATTOS, S. H.; BORGES, N. S. S.; NAGAO, E. O., 2007. Características do óleo essencial de capim-citronela em função de espaçamento, altura e época de corte. *Horticultura Brasileira*, Vol.25, p. 429-32.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MELO, E. C., 2007. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Brasil. Vol.11, p. 301–306.

MAIA, C. S.; PARENTE JR, W. C., 2008. Citronela, aliada natural para repelir pernilongos. *Norte Científico.* Vol. 3.

MENDONÇA FAC; da SILVA KFS; dos SANTOS KK; RIBEIRO Júnior KAL; SANT'ANA AEG., 2005. Activities of some Brazilian plants against larvae of the mosquito *Aedes aegypti*. *Fitoterapia.* Vol. 76, p. 36-629.

MORAIS, L. A. S., 2009. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. *Horticultura Brasileira*, Brasília, Vol. 27, p. 4050-4063.

NERIO LS; OLIVERO-VERBEL J; STASHENKO E., 2010. Repellent activity of essential oils: a review. *Bioresource Technology.* Vol. 101 p. 372-8.

OLIVEIRA M.M.M.; BRUGNERA D.F; CARDOSO M.G; GUIMARÃES L.G.L.; PICCOLI R.H., 2011. Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais.* Vol. 13 p. 8-16.

PEREIRA, A. De A., 2006. *Efeito inibitório de óleos essenciais sobre o crescimento de bactérias e fungos.* Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais.

PEREIRA, G. P.; PRADO, A. E do; CARVALHO R.I. N de., 2016. Variação mensal do rendimento de óleo essencial de Citronela. *Revista Eletrônica Científica*. UERGS, Porto Alegre, Vol. 2, p. 183-189.

SCHERER R.; WAGNER R.; DUARTE M.C.T.; Godoy, H.T., 2009. Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*. Botucatu, Vol. 1, p. 442-449.

SILVEIRA, S.M; CUNHA Jr, A; SCHEUERMANN, G.N; SECCHI, F.L; VERRUCK, S; KROHN, M; VIEIRA C.R.W., 2012. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Cymbopogon winterianus* (citronela), *Eucalyptus paniculata* (eucalipto) e *Lavandula angustifolia* (lavanda). *Revista do Instituto Adolfo Lutz*; p. 471-80.

7. COMUNICAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO COMPARATIVO DA ATIVIDADE OPERACIONAL (RECICLOS) DA LIPASE *Candida antarctica* IMOBILIZADA *in situ* EM SONOGEL PRODUZIDO PELO MÉTODO SOL-GEL COM E SEM A UTILIZAÇÃO DO ADITIVO PEG

Leonardo Meirelles da Silva[1]
Angela Antunes[1]
Aline M. M. Ficanha[1]
Thais Comin[1]
Andressa Saraiva[1]
Rogério Marcos Dallago[1]
Jamile Zeni[1]
Ivana Correa Ramos Leal[2]
Mauricio Moura da Silva[3]
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Avenida Sete de Setembro – 1621, Erechim – RS, Brasil. leonardomeirelesdasilva@gmail.com
[2]Departamento de Produtos Naturais e Alimentos - Programa de Pós-Graduação em Produtos Bioativos e Biociências. UFRJ - Campus Macaé
[3]Centro de Ciências Agrárias e Biológicas - Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia – PPGBIO UCS – Caxias do Sul

Resumo: *As enzimas são proteínas que atuam como agentes catalizadores de reações químicas alterando a velocidade em até 1020 vezes, quando comparadas às reações não catalisadas. Lipases são biocatalizadores utilizados em reações de hidrólise de óleos e gorduras, e também possuem a capacidade de catalisar reações de esterificação, transesterificação e interesterificação. O principal interesse em imobilizar uma enzima é obter um biocatalizador, cuja a atividade e estabilidade não sejam afetadas durante o processo. A técnica de imobilização pode inibir ou aumentar a atividade e estabilidade da enzima e oferece inúmeras vantagens como a atividade catalítica por um maior período de tempo, as razões para a escolha de um derivado imobilizado variam de aplicação para aplicação. A técnica de sol-gel consiste na retenção da enzima no interior de uma matriz ou em sua superfície com a finalidade de conferir estabilidade mecânica e bioquímica superior às técnicas convencionais, sendo uma técnica vantajosa pois preserva a atividade enzimática. A utilização de aditivos no processo de imobilização sol-gel influencia positivamente o aumento da atividade e estabilidade de enzimas imobilizadas. O resultado analisado, com relação à atividade residual em função do número de reciclos, demostra que o uso desses aditivos permite um maior número de reciclos. Onde para o presente estudo obteve-se 10 reciclos quando analisa o suporte com o aditivo, e para o imobilizado sem aditivo obteve-se 6 reciclos, mostrando que o aditivo PEG influencia na atividade enzimática da CALB.*

Palavras-chave: *CALB, sonogel, reciclo.*

1. INTRODUÇÃO

As aplicações industriais de lipases são frequentemente limitadas pela falta de estabilidade operacional, de armazenamento em longo prazo e a dificuldade existente em recuperá-las após seu uso. A técnica de imobilização é conhecida como uma eficiente maneira de resolver estes problemas e pode fornecer à enzima muitas vantagens como o aumento da atividade enzimática, maior estabilidade e possibilidade de reutilização (Garcia-Galan et al., 2011).

O principal interesse em imobilizar uma enzima é obter um biocatalisador com atividade e estabilidade que não sejam afetadas durante o processo, em comparação à sua forma livre. A imobilização pode inibir ou aumentar a atividade e estabilidade da enzima, porém não existe uma regra que prediga a manutenção destes parâmetros após o processo de imobilização (SOARES et al., 2002). Em geral, a imobilização oferece uma série de vantagens e as razões para a escolha de um derivado imobilizado variam de aplicação para aplicação, incluindo: utilização da atividade catalítica por um maior período de tempo; possibilidade de operação contínua do processo, com maior facilidade de controle; facilidade de separação do produto final; em alguns casos, ocorre modificação favorável das propriedades catalíticas da enzima como, por exemplo, maior estabilidade ao pH e à temperatura, entre outros, diminuindo os problemas de aplicação antes mencionados (MENDES et al., 2011).

Dentre as técnicas de imobilização utilizadas, destaca-se a imobilização de enzimas em matrizes sol-gel, que consiste em reter a molécula alvo no interior da matriz ou em sua superfície, o que confere estabilidade mecânica e bioquímica superior as técnicas convencionais (Souza, 2013). O tetraetilortosilicato (TEOS) e o tetrametilortosilicato (TMOS) são os precursores mais utilizados para sintetizar silicatos. O uso de polietilenoglicol (PEG) como aditivo na imobilização enzimática concede melhor distribuição da lipase na superfície do suporte, o que permite um melhor contato entre a interface água/óleo, e favorece uma condição necessária para a expressão da atividade hidrolítica da lipase imobilizada (Soares et al., 2001). Vale salientar que os aditivos não ativam a enzima, em vez disto, apresentam um efeito estabilizante que previne a desnaturação devido sua interação com o suporte (Villeneuve et al., 2000).

A estabilidade e atividade enzimáticas devem ser analisadas para saber como são as características do material imobilizado. Através de um planejamento experimental favorável pode ser analisada a estabilidade operacional ou reuso do imobilizado levando em consideração o número de reciclos que o mesmo permite visto que, de acordo com Hara et al. (2010), deve ser maior com a utilização de aditivos, pois interferem positivamente no aumento da atividade e estabilidade enzimáticas.

Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de imobilização da enzima lipase de Candida antarctica B (CALB) em sonogel, avaliando o estudo de eficiência da atividade operacional (reciclos) da enzima imobilizada visando posterior aplicação.

2. METODOLOGIA

2.1. Imobilização da lipase em suporte polimérico (Sonogel)

A lipase de *Candida antartica* B foi imobilizada *in situ* em uma matriz hidrofóbica obtida pelo método sol-gel. A metodologia utilizada para a preparação dos suportes foi adaptada da descrita por Macario et al. (2009), onde manteve-se os valores descritos para o CTMABr, TMOS e Etanolamina, e variou-se o volume de água, concentração de enzima e de PEG no processo de imobilização. Nesta etapa, foi realizado um estudo prévio de volume de água utilizado no processo, fixando a massa de Brometo de Cetiltrimetilamônio (CTMABr) em 1,4578 g, concentração da solução enzimática em 0,18 g/mL, concentração da solução de PEG 1500 em 0,10 g/mL, volume de TMOS 3,695 mL e de Etanolamina 0,075 mL. A presença e ausência do PEG 1500 na solução total também foi avaliada.

Inicialmente, foi preparada uma solução aquosa de CTMABr, mais 2 mL da solução de enzima e 1 mL de PEG 1500. Água destilada foi adicionada para alcançar o volume total desejado para o experimento, sendo que estes foram de 10, 12 15 e 18 mL. Essa solução foi submetida por 1 h a agitação em agitador orbital (shaker), a temperatura ambiente, 300 rpm. Após este período, foram adicionados 3,695 mL de TMOS e 0,075 mL de Etanolamina. Posteriormente, a solução foi submetida ao tratamento de banho ultrassônico (para formação do sonogel), onde estudou-se diferentes tempos de contato (0, 30, 60, 120, 180, 240, 300 e 360 minutos). Após transcorridos os tempos de estudo as amostras foram submetidas novamente a agitação (nas condições já descritas) por mais 24 h para completar a secagem do biocatalisador imobilizado.

2.2 Atividade Enzimática – Esterificação

A atividade de esterificação da enzima será quantificada através da reação de ácido oleico e álcool etílico (razão molar de 1:1) (Ferraz et al., 2012). Em primeiro lugar, 0,1 g de enzima serão adicionados para os substratos. A reação ocorrerá a 40 °C, 160 rpm e 40 min. Alíquotas de 0,5 mL são retirados no final da reação. Para cada amostra, 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1: 1) (v / v) é adicionado para parar a reação. A quantidade de ácido oleico consumido será determinada por titulação com NaOH 0,05 mol L-1. Uma unidade de atividade de lipase será definida como a quantidade de enzima que consome 1μmol de ácido oleico por minuto nas condições experimentais estabelecidas.

$$AE = \frac{(V_b - V_a) \times M \times 1000 \times V_f}{t \times m \times V_c} \quad (1)$$

AE: Atividade de esterificação (U/g);
Va: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada após 40 minutos (mL);
Vb: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra do branco (mL);
M: Molaridade da solução de NaOH;
Vf : Volume final de meio reacional (mL);
t: Tempo (minutos);
m: Massa da solução enzimática ou do suporte utilizado (g);
Vc: Volume da alíquota do meio reacional retirada para titulação (mL);

2.3 Eficiencia da estabilidade operacional

A eficiência da estabilidade operacional (reutilização) de lipase imobilizada in situ emsonogel é determinada pelo emprego de uma quantidade definida de enzima imobilizada em sucessivos ciclos de síntese de oleato de etilo (descrito acima). Depois de cada batelada, as amostras serão removidas do meio de reação, lavadas com água destilada e adicionada uma nova solução de ácido oleico e etanol. A atividade residual (AR) de cada ciclo será calculada tal como apresentado na equação abaixo:

$$AR\ (\%): \frac{AE_i}{AE_0} x100 \qquad (2)$$

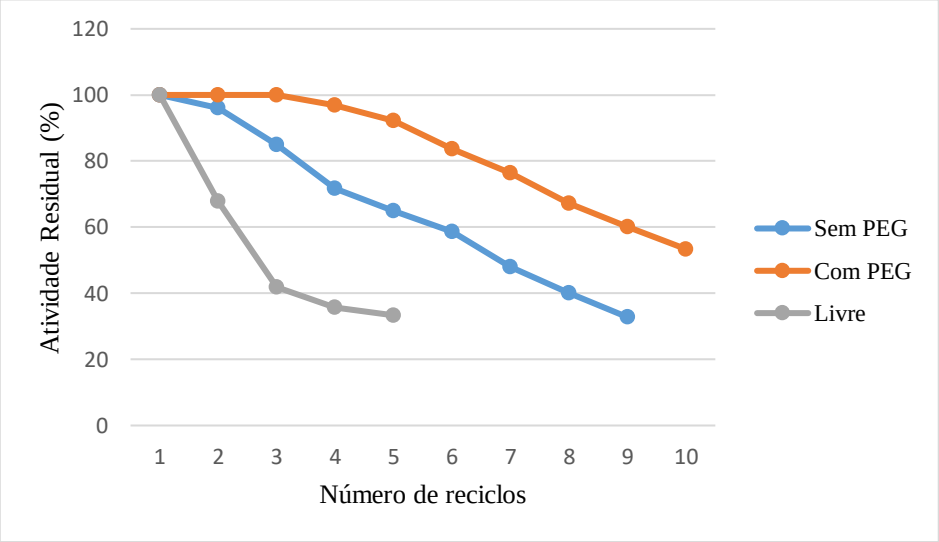
Onde:
Atividade i: Atividade de esterificação no tempo "i"
Atividade 0: Atividade de esterificação no tempo inicial

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atividade residual da enzima imobilizada em função do número de reciclos

O estudo da estabilidade operacional ou reuso foi realizado nas condições ótimas do planejamento experimental (20 Hz da frequência ultrassonica e 30 ºC de temperatura de reação) estudado para o sonogel, onde os resultados obtidos estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Atividade residual da enzima imobilizada em função do número de reciclos, para a enzima livre e para o imobilizado com e sem adição do aditivo PEG



Observa-se na figura acima que o número de reciclos obtidos, considerando 50% da atividade inicial, chegou a 10 para o imobilizado com a presença do aditivo PEG. Já para o imobilizado sem a presença do aditivo o número de reciclos com atividade residual proposta foi de apenas 6. Enquanto que para a enzima livre após 3 ciclos a atividade residual ficou abaixo do estipulado para esse estudo. Este resultado mostrou que a estrutura de poros de superfície e propriedades do transportador foi alterado devido à adição de PEG, o que resulta num ambiente enriquecido catálise de lipase. Na literatura, também foi relatado que a utilização de PEG pode reduzir a lixiviação da enzima quando utilizados em diferentes reatores.

4. CONCLUSÃO

A retenção de uma lipase no interior de uma matriz ou superfície é a técnica denominada de sol-gel, que garante a atividade enzimática e impede a lixiviação da enzima. A imobilização é realizada em suportes, alguns contendo aditivos que influenciam positivamente no aumento da atividade e estabilidade, que são medidas através da reação de ácido oleico e álcool etílico.

O estudo da atividade residual enzimática em relação ao número de reciclos, quando considera-se 50% da atividade inicial permite concluir que o maior número de reciclos obtidos, ou seja, 10 reciclos encontra-se no imobilizado com a

presença do aditivo PEG. Mostrando assim que o uso do aditivo melhora as condições de atividade catalítica da enzima prologando assim seu tempo de vida.

5. AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem a URI - Campus Erechim, CAPES e CNPq.

6. REFERÊNCIAS

FERRAZ, L. R.; OLIVEIRA, D. S.; SILVA, M. F.; RIGO, E.; DI LUCCIO, M.; OLIVEIRA, J. V.; OLIVEIRA, D.; TREICHEL, H. Production and partial characterization of multifunctional lipases by Sporobolomyces ruberrimus using soybean meal, rice meal and sugarcane bagasse as substrates. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology , v. 1, p. 243-252, 2012.

GARCIA-GALAN, C.;BERENGUER-MURCIA, A.; FERNÁNDEZ-LAFUENTE, R.; RODRIGUES, R. C. Potential of different enzyme immobilization strategies to improve enzyme performance. Advanced synthesis & catalysis, v. 353, 2885–2904, 2011.ALFAYA, A.; KUBOTA, L. T. A. "Utilização de materiais obtidos pelo processo de sol-gelnaconstrução de biossensores". Química nova, vol. 25, p. 935-841, 2002.

MACARIO, A.;MOLINER, M.; CORMA, A.;GIORDANO, G. Increasing stability and productivity of lipase enzyme by encapsulation in a porous organic–inorganic system. Microporous and mesoporous materials, v. 118, p. 334–340, 2009.

MENDES, A. A.; OLIVEIRA, P. C.; CASTRO, H. F.;GIORDANO, R. L., 2011. Aplicação de quitosana como suporte para imobilização de enzimas de interesse industrial. Química nova, vol. 34.

SOARES, C. M. F.; CASTRO, H. F.; SANTANA, M. H. A.; ZANIN, G. M. "Intensification of lipase performance for long-term operation by immobilization on controlled pore silica in the presence of polyethylene glycol". Applied biochemistry and biotechnology, vol. 98-100, p. 863-874, 2002.

SOUZA, R. L.; FARIA, E. L. P.; FIGUEREDO, R. T.; FREITAS, L. S.; IGLESIAS, M.; MATTEDI, S.; ZANIN, G. M.; SANTOS, O. A. A.; COUTINHO, J. A. P.; LIMA, A. S.; SOARES, C. M. F. Protic ionic liquid as additive on lipase immobilization using silica sol-gel. Enzyme and Microbial Technology, v. 52, p. 141-150, 2013.

VILLENEUVE, P. MUDERHWA, J. M. GRAILLE, J. HAAS. M. J. customizing lipases for biocatalysis: a survey of chemical, physical and molecular biological approaches. Journal of molecular catalysis b: enzymatic, v. 9, n. 4-6, p. 113–148, 2000.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ESTUDO DO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO DA IMOBILIZAÇÃO DA LIPASE DE CANDIDA ANTARCTICA B (CAL B) EM MATRIZ HIDROFÓBICA SONOGEL

Leonardo Meirelles da Silva[1]
Angela Antunes[1]
Aline M. M. Ficanha[1]
Thais Comin[1]
Andressa Saraiva[1]
Rogério Marcos Dal Lago[1]
Jamile Zeni[1]
Ivana Correa Ramos Leal[2]
Mauricio Moura da Silva[3]
[1]Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Avenida Sete de Setembro – 1621, Erechim – RS, Brasil. leonardomeirelesdasilva@gmail.com
[2]Departamento de Produtos Naturais e Alimentos - Programa de Pós-Graduação em Produtos Bioativos e Biociências. UFRJ - Campus Macaé
[3]Centro de Ciências Agrárias e Biológicas - Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia – PPGBIO UCS – Caxias do Sul

Resumo: *A imobilização de enzimas permite obter um biocatalisador com atividade e estabilidade que não sejam afetadas durante o processo, em comparação à sua forma livre, o que possibilita uma operação contínua do processo, e facilita o controle e separação do produto final. Objetivou-se determinar a concentração de enzima e aditivo na imobilização da lipase CALB para a obtenção da máxima atividade de esterificação (AE) na síntese de oleato de etila com o uso da metodologia de superfície de resposta. A otimização da concentração das variáveis na imobilização foi realizada através de um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) 2^2 completo. O modelo de regressão apresentou uma correlação de 0,95 com os dados experimentais. O F calculado apresentou-se maior que o F tabelado o que validou o modelo proposto.*

Palavras-chave: *lipase, sonogel, planejamento experimental.*

1. INTRODUÇÃO

As enzimas, em grande maioria, são proteínas que atuam como catalisadores, e são polipeptídios constituídos de resíduos de aminoácidos. São substâncias que alteram a velocidade de uma reação química em até 1020 vezes, comparado às não catalisadas (CAMPBELL, et al., 2006).

Já as lipases são biocatalisadores versáteis usados nas reações de hidrólises de óleos e gorduras, entretanto, sob condições reacionais específicas, também são capazes de catalisar as reações de esterificação, transesterificação e interesterificação (RAJENDRAN et al., 2009).

Existe vários tipos de enzimas que podem ser encontradas para aplicação industrial, porem as principais são: proteases, amilases, celulases, xelanases, fitases e lipases (BON et al., 2008). Neste trabalho as lípases que serão utilizadas, destacam-se entre as principais enzimas usadas em biocatálise.

As lipases (triaciiglicero hidrolases; E.C.3.1.1.3) são enzimas hidrolíticas que "in vitro" catalisam a hidrólise de triglicerídeos aos ácidos graxos correspondentes e glicerol, na interface água e óleo (UL-HAQ et al, 2002; SHARMA et al, 2001, CAJAL et al, 2000b; CARVALHO et al., 2000a; DEL RIO et al, 2000; KRISHNA et al., 2000; COSTA e AMORIM, 1999; RUSSEL et al,1998; SELMI et al,1998; JESUS et al., 1997; MACEDO e PASTORE, 1997). "In vitro", as lipases podem atuar também como catalisadores em reações de esterificação ou transesterificação, quando a quantidade de água do sistema em que estão presentes é suficientemente baixa a ponto de deslocar o equilíbrio termodinâmico no sentido da síntese (KRISHNA et al, 2000; LEBLANC et al, 1998; NAGAYAMA et al, 1998; RUSSEL et al, 1998; SELMI et al, 1998; MACEDO e PASTORE, 1997).

O principal interesse em imobilizar uma enzima é obter um biocatalisador com atividade e estabilidade que não sejam afetadas durante o processo, em comparação à sua forma livre. A imobilização pode inibir ou aumentar a atividade e estabilidade da enzima, porém não existe uma regra que prediga a manutenção destes parâmetros após o processo de

imobilização (SOARES et al., 2002). Em geral, a imobilização oferece uma série de vantagens e as razões para a escolha de um derivado imobilizado variam de aplicação para aplicação, incluindo: utilização da atividade catalítica por um maior período de tempo; possibilidade de operação contínua do processo, com maior facilidade de controle; facilidade de separação do produto final; em alguns casos, ocorre modificação favorável das propriedades catalíticas da enzima como, por exemplo, maior estabilidade ao pH e à temperatura, entre outros, diminuindo os problemas de aplicação antes mencionados (MENDES et al., 2011).

A técnica de sol-gel consiste em reter a enzima no interior da matriz ou em sua superfície a fim de conferir estabilidade mecânica e bioquímica superior às técnicas convencionais. A imobilização da enzima no interior das matrizes produzidas pelo processo de sol-gel é uma técnica vantajosa, pois reserva a atividade enzimática e evita a sua lixiviação (ALFAYA e KUBOTA, 2002).

O uso de aditivos no processo de imobilização sol-gel é relatado na literatura como agentes que influenciam positivamente o aumento da atividade e da estabilidade de enzimas imobilizadas (HARA et al., 2010). Essa influência está diretamente associada à proteção da enzima contra a inativação durante a etapa de encapsulamento, à retenção da camada de água ao redor do biocatalisador e aos efeitos dispersantes das moléculas da enzima. Dentre os principais aditivos utilizados na imobilização de enzimas, destacam-se a albumina, álcool polivinílico, polietilenoglicol e, recentemente, o uso de líquidos iônicos (SOUZA et al., 2013; URSOIU, et al., 2012; BARBOSA et al., 2014).

Uma vez que a estrutura e as propriedades do produto final foram encontrados para ser fortemente dependente das condições iniciais de preparação, assim, as propriedades estruturais de sonogels ter sido sujeita a alguma especulação. Na verdade, a literatura não é muito abundante de dados relativos às propriedades estruturais, principalmente sobre sonogéis saturados (VOLLET et al., 2003).

Dessa maneira o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de imobilização da enzima lipase de *Candida antarctica* B (CALB) em sonogel, utilizando TMOS como precursor e avaliar o processo de imobilização utilizando duas variáveis: frequência ultrassônica e temperatura de secagem.

2. METODOLOGIA

2.1 Imobilização

A lipase de *Candida antartica* B foi imobilizada in situ em uma matriz hidrofóbica obtida pelo método sol-gel. A metodologia utilizada para a preparação dos suportes foi adaptada da descrita por Macario et al. (2009), onde manteve-se os valores descritos para o CTMABr, TMOS e Etanolamina, e variou-se o volume de água, concentração de enzima e de PEG no processo de imobilização. Nesta etapa, foi realizado um estudo prévio de volume de água utilizado no processo, fixando a massa de Brometo de Cetiltrimetilamônio (CTMABr) em 1,4578 g, concentração da solução enzimática em 0,18 g/mL, concentração da solução de PEG 1500 em 0,10 g/mL, volume de TMOS 3,695 mL e de Etanolamina 0,075 mL. A presença e ausência do PEG 1500 na solução total também foi avaliada.

Inicialmente, foi preparada uma solução aquosa de CTMABr, mais 2 mL da solução de enzima e 1 mL de PEG 1500. Água destilada foi adicionada para alcançar o volume total desejado para o experimento, sendo que estes foram de 10, 12 15 e 18 mL. Essa solução foi submetida por 1 h a agitação em agitador orbital (shaker), a temperatura ambiente, 300 rpm. Após este período, foram adicionados 3,695 mL de TMOS e 0,075 mL de Etanolamina. Posteriormente, a solução foi submetida ao tratamento de banho ultrassônico (para formação do sonogel), onde estudou-se diferentes tempos de contato (0, 30, 60, 120, 180, 240, 300 e 360 minutos). Após transcorridos os tempos de estudo as amostras foram submetidas novamente a agitação (nas condições já descritas) por mais 24 h para completar a secagem do biocatalisador imobilizado.

2.2 Atividade Enzimática – Esterificação

A atividade de esterificação da enzima será quantificada através da reação de ácido oleico e álcool etílico (razão molar de 1:1) (Ferraz et al., 2012). Em primeiro lugar, 0,1 g de enzima serão adicionados para os substratos. A reação ocorrerá a 40 °C, 160 rpm e 40 min. Alíquotas de 0,5 mL são retirados no final da reação. Para cada amostra, 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1: 1) (v / v) é adicionado para parar a reação. A quantidade de ácido oleico consumido será determinada por titulação com NaOH 0,05 mol L-1. Uma unidade de atividade de lipase será definida como a quantidade de enzima que consome 1μmol de ácido oleico por minuto nas condições experimentais estabelecidas.

$$AE = \frac{(V_b - V_a) \times M \times 1000 \times V_f}{t \times m \times V_c} \quad (1)$$

AE: Atividade de esterificação (U/g);
Va: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada após 40 minutos (mL);
Vb: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra do branco (mL);
M: Molaridade da solução de NaOH;
Vf : Volume final de meio reacional (mL);

t: Tempo (minutos);
m: Massa da solução enzimática ou do suporte utilizado (g);
Vc: Volume da alíquota do meio reacional retirada para titulação (mL).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação da influência do tempo de contato ultrassônico para o sonogel com aditivo PEG

Um estudo preliminar foi realizado afim de verificar a influência do tempo de contato ultrassônico. A avaliação deste estudo mostrou que o tempo de contato interferiu nas respostas avaliadas, porém, é praticamente constante após 1 h de vibração ultrassônica, o que permite avaliar outras variáveis que são importantes no processo de imobilização.

3.2 Influência da frequência do aparelho de ultrassom e da temperatura da reação na atividade de esterificação do imobilizado

Um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) 2^2 completo foi construído para estudar o processo de imobilização. As variáveis, temperatura de secagem e frequência ultrassônica, foram estudadas a fim de se obter a máxima atividade de esterificação. Os resultados obtidos para cada experimento realizado encontram-se na Tabela 1, onde apresenta-se os valores codificados, valores reais e seus respectivos resultados.

Tabela 1- Planejamento DCCR 2^2 completo para otimizar variáveis da imobilização da lipase para a máxima atividade de esterificação

Experimento	X_1 (mL)	X_2 (g/mL)	Média AE ± DPad
1	-1 (10)	-1 (20)	386,61 ± 12,30
2	-1 (10)	+1 (50)	161,21 ± 79,10
3	+1 (50)	-1 (20)	164,04 ± 18,94
4	+1 (50)	+1 (50)	127,76 ± 191,94
5	-1,41 (1,8)	0 (30)	320,20 ± 44,40
6	+1,41 (58,2)	0 (30)	228,03 ± 35,90
7	0 (30)	-1,41 (13,8)	341,06 ± 31,02
8	0 (30)	+1,41 (56,15)	112,34 ± 86,95
9	0 (30)	0 (35)	500 ± 54,99
10	0 (30)	0 (35)	508,13 ± 39,20
11	0 (30)	0 (35)	504,07 ± 55,20

Variáveis independentes: X_1: Frequencia Ultrassônica; X_2: Temperatura de secagem (ultrassom).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, todos os fatores avaliados foram estatisticamente validados ($p \leq 0,05$) no que se refere à atividade de esterificação dos imobilizados. Observa-se também que as duas variáveis têm efeito negativo sobre esta, o que indica que diminuição na temperatura de secagem e na frequência ultrassônica afetarão negativamente a atividade.

Pode-se observar que os resultados tendem a valores ótimos, sendo estes valores próximos ao ponto central do DCCR. As atividades de esterificação máximas da lipase imobilizada foram obtidas nos níveis codificados -0,23126 e -0,25185 para frequência e temperatura de reação respectivamente. Esses níveis codificados correspondem aos valores 20Hz da frequência ultrassônica e 30ºC de temperatura de reação.

Nova imobilização enzimática foi realizada utilizando os valores obtidos como ótimos no planejamento e a atividade de esterificação deste imobilizado encontrada experimentalmente correspondeu ao valor teórico do modelo, validando-o.

4. CONCLUSÃO

A partir dos teste realizados preliminarmente, verificou-se que a enzima CAL B foi eficientemente imobilizada em sonogel obtido pelo método sol-gel a partir de tetrametilortossilicato.

Após os teste inicias, partiu-se então para a otimização dos planejamentos experimentais e o estudo do comportamento enzimático para ambos os imobilizados. O suporte obtido após a otimização do planejamento experimental mostrou-se estável, garantindo a enzima maior atividade catalítica durante as reações.

5. AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem a URI- Campus Erechim, CAPES e CNPq.

6. REFERÊNCIAS

ALFAYA, A.; KUBOTA, L. T. A. “Utilização de materiais obtidos pelo processo de sol-gelnaconstrução de biossensores”. Química nova, vol. 25, p. 935-841, 2002.

BARBOSA, A. DOS S.; SILVA, M. A. DE O.; CARVALHO, N. B.; MATTEDI, S.; IGLESIAS, M. A.; FRICKS, A. T.; LIMA, A. S.; FRANCESCHI, E.; SOARES, C. M. F. “Immobilization of lipase by encapsulation in silica aerogel”. Química Nova, vol. 37, p. 969-976, 2014.

BON, E. P. S.; MARIA, A.; FERRERA, M. A.; CORVO, M. L.; VERMELHO, A. B.; PAIVA, C. L. A.; ALENCASTRO, R. B.; COELHO, R. R. R. “Enzimas EM biotecnologia: produção, aplicação e mercado”. Ed. Interciência, Rio de janeiro, 2008.

CAJAL, Y.; SVENDSEN, A.; DE BOL0S, J.; PATKAR, S.A.; ALSINA, M.A."Effect of the lipid interface on the catalytic activity and spectroscopic of a fungal lipase". Biochimie., 82, 1053-1061, 2000 b.

CAMPBELL, M. K.; FARRELL, S. O. Bioquímica 5a Ed., cap. 6, Thomson, Sp, 2006. Characterization of sol-gel encapsulated lipase using tetraethoxysilane as precursor.Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 39, p.69–76, 2006.

CARVALHO, C.M.L.; TAIPA, M.A.; CABRAL, J.M.S. "Reverse micelles as reaction media for lipases". Biochimie., 82,1063-1085, 2000a.

COSTA, V.E.U.; AMORIM, H.L. "O emprego de lipases como agentes de resolução cinética de enantiômeros em síntese orgânica: Aspectos gerais sobre a influência do solvente". Química. Nova., 22 (6), 863-864, 1999.

DEL RIO, J.L.; CAMINAL, G.; FITÉ, M.; FAUS, I.; BLADÉ, J.; SOLA, C. "Lipasecatalysed synthesis of natural ethanol esters: effect of water removal on enzyme reutilisation". J. Chem. Technol. Biotechnol., 75, 991-996, 2000.

FERRAZ, L. R.; OLIVEIRA, D. S.; SILVA, M. F.; RIGO, E.; DI LUCCIO, M.; OLIVEIRA, J. V.; OLIVEIRA, D.; TREICHEL, H. Production and partial characterization of multifunctional lipases by Sporobolomyces ruberrimus using soybean meal, rice meal and sugarcane bagasse as substrates. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology , v. 1, p. 243-252, 2012.

JESUS, P.C.; JOÃO, J.J.; SILVA, P.L.F.; BURLIN G.; NASCIMENTO, M.G. "Organogel: um novo sistema para a imobilização de lipases e sua aplicação em síntese orgânica". Química Nova., 20 (6), 664-672, 1997.

HARA, P.; MIKKOLA, J. P.; MURZIN, D. Y.; KANERVA, L. T. “Supported ionic liquids in Burkholderia cepacia lipase-catalyzed asymmetric acylation. Journal of molecular catalysis B: enzymatic, vol. 67, p. 129-134, 2010.

KRISHNA, S.H.; MANOHAR, B.; DIVAKAR, S.; PRAPULLA, S.G.; KARANTH, N.G. "Optimization of isoamyl acetate production by using immobilized lipase from Mucor miehei by response surface methodology". Enzyme. Microb. Technol., 26, 131- 136, 2000.

MACARIO, A.;MOLINER, M.; CORMA, A.;GIORDANO, G. Increasing stability and productivity of lipase enzyme by encapsulation in a porous organic–inorganic system. Microporous and mesoporous materials, v. 118, p. 334–340, 2009.

MACEDO, G.A.; PASTORE, G.M. "Lipases microbianas na produção de ésters formadores de aroma". Ciência Tecnol. Alimentos., 17 (2), 115-119, 1997.

MENDES, A. A.; OLIVEIRA, P. C.; CASTRO, H. F.; GIORDANO, R. L. Aplicação de quitosana como suporte para imobilização de enzimas de interesse industrial. Química nova, vol. 34, 2011.

RAJENDRAN, A., PALANISAMY A., THANGAVELU, V. Lipase catalyzed ester synthesis for food processing industries, Braz. Arch. Biol. Technol., 52207-219, 2009.

RUSSEL, J.T.; SELIME, K.; DIDIER, C.; ALANIN, N. "Esterification and interesterification activities of lipases from Rhizopus niveus and Mucor miechei in three different types of organic media: a comparative study". Enzyme Microbiol. Techno!., 22, 439-445, 1998.

SELMI, B.; GONTIER, E., THOMAS, D. "Effects of fatty acid chain length and unsaturation number on triglyceride synthesis catalyzed by immobilized lipase in solvent-free medium". Enzyme Microb. Technol., 23,182-186, 1998.

SHARMA, R.; CHISTI, Y.; BANERJEE, U. C. "Production, purification, characterization, and applications of lipases: Research review paper". Biotechnol. Adv., 19, 627-662, 2001.

SOARES, C. M. F.; CASTRO, H. F.; SANTANA, M. H. A.; ZANIN, G. M. “Intensification of lipase performance for long-term operation by immobilization on controlled pore silica in the presence of polyethylene glycol”. Applied biochemistry and biotechnology, vol. 98-100, p. 863-874, 2002.

SOUZA, R. L.; FARIA, E. L. P.; FIGUEIREDO, R. T.; FREITAS, L. S.; IGLESIAS, M.; MATTEDI, S.; ZANIN, G. M.; SANTOS, O. A. A.; COUTINHO, J. A. P.; LIMA, A. S.; SOARES, C. M. F. “Protic ionic liquid as additive on lipase immobilization using silica sol-gel”. Enzyme and Microbial Technology, vol. 52, p. 141-150, 2013.

UL-HAQ, I.; IDREES, S.; RAJOKA, M.I. "Production of lipase by Rhizopus oligosporous by solid-state fermentation". Process Biochem., 37, 637-641, 2002.

URSOIU, A.; PAUL, C.; KURTÁN, T.; PÉTER, F. “Sol-gel entrapped candida antarctica lipase b- a biocatalyst with excellent stability for kinetic resolution of secondary alcohols”. Molecules, vol. 17, p. 13045-13061.) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper, 2012.

VOLLET, D. R., DONATTI, D. A., RUIZ, A. I. DE CASTRO, W. C. Structural study of aged saturated silica gels obtained from tetramethoxysilane sonohydrolysis with different water/tetramethoxysilane molar ratio. Physical Review B, v.67, p. 184-207, 2003.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

O USO DA TECNOLOGIA DE ULTRASSOM NA HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DO BAGAÇO DE MALTE

Luciana Luft
Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Santa Maria, 97105-900 – RS, Brasil
luciana.luft@ymail.com

Tássia Carla Confortin
Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Santa Maria, 97105-900 – RS, Brasil
tassi_cc@hotmail.com

Izelmar Todero
Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Santa Maria, 97105-900 – RS, Brasil
izelmar@yahoo.com.br

Thiarles Brun
Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Santa Maria, 97105-900 – RS, Brasil
brun.thiarles@gmail.com

Juliana Ferreira Soares
Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Santa Maria, 97105-900 – RS, Brasil
eng.juferreira@gmail.com

Marcio Antônio Mazutti
Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Santa Maria, 97105-900 – RS, Brasil
marciomazutti@gmail.com

Resumo. *O principal objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da irradiação ultrasônica na obtenção de açúcares fermentáveis a partir da hidrólise enzimática do bagaço de malte. Para isso, os efeitos das variáveis operacionais, como fator de pulso e amplitude de oscilação foram avaliados durante a hidrólise enzimática de acordo com um delineamento composto central rotacional (DCCR). A hidrólise foi realizada utilizando um sistema de sonda de ultrassom de 86 W.cm^{-2} e 24 kHz. Todos os experimentos foram realizados em um biorreator com volume de 2 l durante 120 minutos de reação, à temperatura de 70 °C, 8,2% em peso de enzima e uma concentração de substrato de 170 g [bagaço de malte seco]. l^{-1}. O rendimento de hidrólise obtido através da irradiação ultrassônica foi significativamente alto. O melhor resultado foi obtido usando um fator de pulso de 0,23 e amplitude de oscilação de 50%, produzindo 370,86 g [açúcar] kg^{-1} [bagaço de malte seco], alcançando uma eficiência de 100% no processo de hidrólise considerando-se a massa de amido presente na amostra. A utilização da irradiação ultrassônica durante o processo de hidrólise enzimática confirmou ser uma tecnologia promissora colaborando para altos rendimentos na produção de açúcares fermentáveis.*

Palavras-chave: *Hidrólise enzimática. Bagaço de malte. Açúcares fermentáveis. Ultrassom.*

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, o uso indiscriminado das fontes fósseis tem resultado não apenas em preocupações devido ao impacto ambiental que causam, mas também, a um inevitável esgotamento das mesmas. Uma possível solução para estes problemas é foco de muitas pesquisas que visa a substituição de materiais oriundos destas fontes não-renováveis, por outros que possam ser provenientes de fontes renováveis, resultando concomitante e diretamente na solução de outro problema atual: o grande acúmulo de resíduos no meio ambiente (Cinelli, 2012).

O aproveitamento de resíduos provenientes da agroindústria como matéria-prima pode ajudar a resolver problemas ambientais associados à disposição dos mesmos no meio ambiente e ao mesmo tempo impactar positivamente na economia. A biomassa oriunda dos resíduos agrícolas caracteriza-se pela elevada quantidade de material lignocelulósico e amido em sua composição (Liguori *et al.*, 2015; Mussato *et al.*, 2006).

O bagaço de malte é um resíduo oriundo da indústria cervejeira formado pela parte sólida obtida de filtração do mosto após a maceração (Santos e Ribeiro, 2005). O setor cervejeiro brasileiro é o mais importante do mercado sul-americano e um dos maiores do mundo. Segundo a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CervBrasil) o Brasil produziu 14 bilhões de litros de cerveja no ano de 2014. Sabe-se, que em média, a cada 100 L de cerveja são gerados 20 kg de bagaço (Reinold, 1997); logo, no ano de 2014 foram geradas aproximadamente 2,8 milhões de toneladas de bagaço de malte. Até o momento, o bagaço de malte tem sido mais utilizado para alimentação animal (principalmente bovinos) ou então depositado em aterros. No entanto, estudos recentes revelaram o seu potencial para a produção de uma ampla gama de bioprodutos de alto valor agregado (Mussato *et al.*, 2006; Mussato, 2014).

Com o avanço das tecnologias, surgem novas e eficientes formas de realizar o processo de hidrólise além do processo convencional usando agitação mecânica. Uma delas é o uso do ultrassom, onde há efeitos físicos como a cavitação que melhoram a transferência de massa. A influência das ondas ultrassônicas na atividade e estabilidade de enzimas tem demonstrado ser específica para cada enzima e dependente dos parâmetros de sonicação (Martinez *et al*., 2000). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo investigar o uso da tecnologia de ultrassom comparada a agitação mecânica na hidrólise do bagaço de malte para obtenção de açúcares fermentáveis.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

O bagaço de malte foi gentilmente cedido por uma cervejaria local, Santamate Indústria e Comércio Ltda, localizada no município de Santa Maria/RS. Depois de obtida, as amostras foram imediatamente secas (120 h) a 60 °C em circulação de ar (Fanen, SP, Brasil), e moídas a partículas < 2 mm. (Marconi, SP, Brasil). O complexo amilolítico utilizado foi STARGEN™ 002 (GENENCOR) que contem *Aspergillus kawachi* alfa-amilase expressa em *Trichoderma reesei* e um gluco-amilase *de Trichoderma reesei* que trabalham sinergicamente para hidrolisar o amido do substrato à glicose.

2.2 Equipamento e procedimento experimental

O biorreator usado neste trabalho constitui-se por um recipiente encamisado de vidro com um volume de 2 l acoplado a um processador de ultrassom de alta intensidade de 400 W, frequência de 24 kHz com uma amplitude regulável de 20 a 100% e fator de pulso ajustável entre 0 e 100% (Hielscher, modelo 400S), equipado com uma sonda de titânio, de 22 mm (modelo H22L2D) que apresenta uma intensidade máxima de ultrassons 86 $W.cm^{-2}$. As condições das reações foram determinadas a partir de resultados obtidos em trabalhos preliminares do planejamento para agitação mecânica, onde concentração de enzima (8,2%), temperatura (70°C) e concentração de substrato (170 $g.l^{-1}$) foram fixadas. A temperatura foi controlada com um banho termostático e as reações foram realizadas considerando um volume de trabalho de 1 l de água destilada. O tempo de reação foi de 120 minutos, menor do que o tempo de reação para agitação mecânica, devido ao efeito que o ultrassom pode causar sobre a atividade da enzima. No final da reação, uma alíquota foi retirada do biorreator e após filtrada em papel filtro (Qualy). A quantidade de açúcares redutores totais (ART) liberados pela hidrólise foi medida a partir do sobrenadante. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

2.3 Determinação de açúcar fermentável

No final da reação uma alíquota do hidrolisado foi filtrada em papel filtro e o sobrenadante usado para determinar a quantidade de açúcares fermentáveis pelo método ácido 3.5-dinitrosalicílico (Miller, 1959). Todos os resultados foram expressos como massa de açúcar (glicose equivalente) por massa de material seco (Benazzi et al., 2013).

2.4 Análise Estatística

A influência da amplitude (x_1) e fator de pulso (x_2) foi avaliada por meio de um DCCR para duas variáveis independentes, totalizando 11 ensaios. Os intervalos das variáveis investigadas estão listados na Tabela 7. Os resultados foram analisados utilizando o software Statistica 10 (Stasoft Inc., Tulsa, EUA), considerando um nível de significância de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tab. 1 estão apresentados os resultados experimentais obtidos no DCCR para duas variáveis independentes, com triplicata no ponto central, para avaliar o efeito da amplitude (%) e fator de pulso (-) na hidrólise enzimática do bagaço de malte assistida por ultrassom. A influência das variáveis de processo foi determinada através da hidrólise enzimática e quantificada em termos da quantidade de açúcar redutor total liberado.

Tabela 1 - Matriz dos resultados experimentais obtidos no delineamento composto central rotacional.

Ensaio	Amplitude (%)	Fator de Pulso	Rendimento ART (g.kg^{1})
1	28,7 (-1)	0,4 (-1)	310,37
2	28,7 (-1)	0,87 (1)	332,06
3	71,3 (1)	0,4 (-1)	287,26
4	71,3 (1)	0,87 (1)	251,80
5	50 (0)	0,23 (-1,41)	370,86
6	50 (0)	1,0 (1,41)	263,14
7	20 (-1,41)	0,55 (0)	256,80
8	80 (1,41)	0,55 (0)	270,45
9	50 (0)	0,55 (0)	167,89
10	50 (0)	0,55 (0)	171,29
11	50 (0)	0,55 (0)	158,02

É possível observar que os melhores resultados foram obtidos nos ensaios 5 e 2 (370,86 e 332,06 g.kg^{-1}, respectivamente) e os valores de ART encontrados ficaram dentro da faixa de 158,2 a 370,86 g.kg^{-1}. Analisando o gráfico de Pareto da Fig. 1, observa-se que apenas o efeito quadrático das variáveis amplitude e fator de pulso tiveram um efeito significativo sobre a hidrólise (p <0,05).

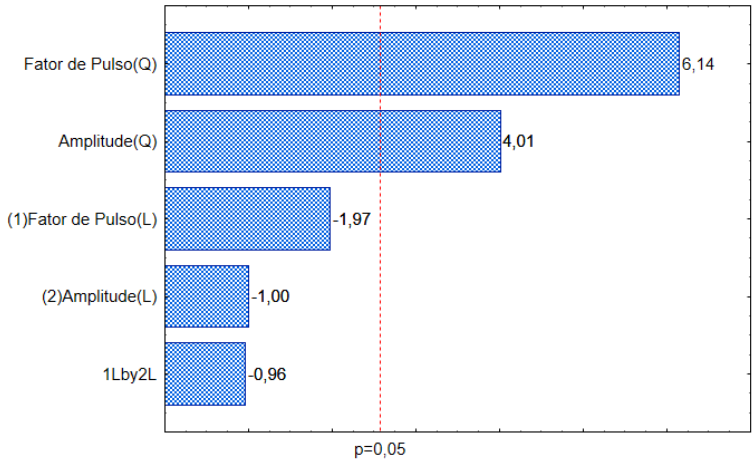


Figura 1. Gráfico de Pareto mostrando os efeitos das variáveis na obtenção de açúcares redutores totais na hidrólise enzimática com sonicação direta.

Os dados da Tab. 1 também foram utilizados para estimar os coeficientes de regressão (Tab. 2) cujos parâmetros representam os efeitos das variáveis independentes sobre as respostas estudadas. Os termos quadráticos para amplitude e fator de pulso mostraram um efeito positivo significativo. Nenhum efeito linear e de termos de interação apresentou efeito significativo positivo (p <0,05) na faixa investigada.

Tabela 2 - Coeficientes de regressão para a resposta açúcares redutores totais com sonicação direta.

Fatores	Coeficientes de Regressão	Erro padrão	t(5)	p – valor
Média	**165,62**	**17,16**	**9,66**	**0,0002**
(1)FP(L)	-20,77	10,52	-1,97	0,1055
FP(Q)	**77,18**	**12,56**	**6,14**	**0,0017**
(2)A(L)	-10,55	10,52	-1,00	0,3623
A (Q)	**50,33**	**12,56**	**4,01**	0,0102
1L by 2L	-14,29	14,86	-0,9613	0,3806

O modelo com as variáveis codificadas incluindo os parâmetros estatisticamente mais significativos a p< 0,05 é expresso por:

$$ART = 165{,}62 + 77{,}18\ FP^2 + 50\ A^2 \quad (1)$$

Onde ART é a concentração de açúcares redutores totais, FP e A são os valores codificados para fator de pulso e amplitude, respectivamente. A análise de variância (ANOVA, Tab. 3) foi aplicada para validar os parâmetros do modelo referentes à concentração de ART liberado.

Tabela 3 - Análise de variância (ANOVA)

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado médio	F_{cal}
Regressão	38114,21	2	19057,10	15,94
Resíduos	9562,21	8	1195,28	
Total	47676,42	10		

(R^2) =90,73; $F_{tab\ (2;8;0.05)}$= 4,46

Com base na ANOVA, conclui-se que o modelo é estatisticamente significativo, com uma variação explicada de 90,73% e o F calculado de aproximadamente 4 vezes maior do que o tabelado. Desta forma, foram construídas curvas de contorno de ART em função da concentração da amplitude e fator de pulso (Fig. 2).

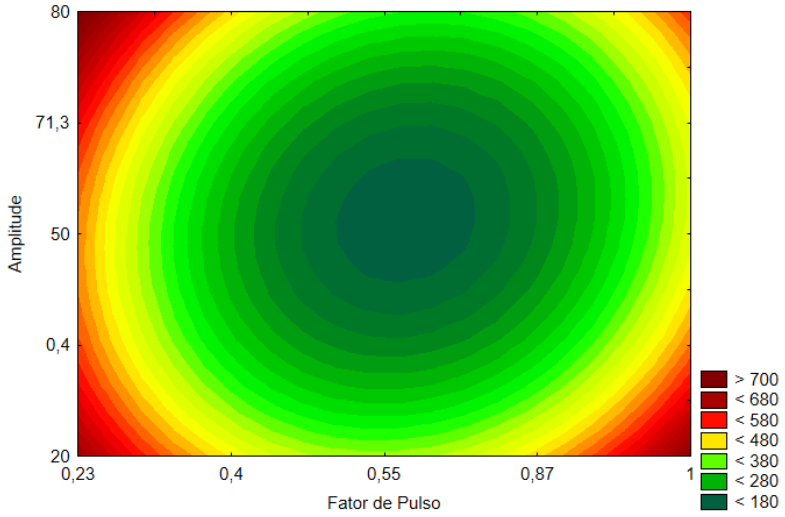


Figura 2 - Curva de contorno mostrando a influência da amplitude e fator de pulso sobre produção de açúcares redutores totais na hidrólise com sonicação direta.

A Fig. 2 explora a aplicabilidade deste modelo, apresentando um ponto mínimo, de maneira que tanto o aumento quanto a diminuição de qualquer uma das variáveis, amplitude e fator de pulso, irá resultar em um aumento na liberação de ART. O ponto de mínimo encontra-se na faixa do ponto central e os valores obtidos (167,89, 171,29 e 158,02 $g.kg^{-1}$) assemelham-se ao valor predito.

A utilização da irradiação com ultrassons em reações enzimáticas aparece como uma tecnologia promissora devido aos seus efeitos positivos sobre o rendimento da reação e, por esta razão vários investigadores estudaram os seus efeitos, como etapa de pré-tratamento do material ou durante hidrólise do próprio material. A alta eficiência resultante do processo com sonda de ultrassom corrobora com a literatura que até o momento apresenta a intensificação ultrassônica durante bioprocessamentos, seja através de aumento de porosidade ou reforço na absorção do substrato; além de incluir vantagens como o baixo custo operacional em comparação com outras tecnologias, simplicidade de operação e requisitos de energia modestos (Naveena *et al*., 2015).

4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou dados experimentais sobre os efeitos da irradiação ultrassônica na hidrólise enzimática do bagaço de malte para obtenção de açúcares fermentáveis. Todas os experimentos foram realizados a 70 °C durante 2 horas, em uma concentração de substrato de 170 g[bagaço de malte seco].l^{-1} e 8,2% em peso de enzima. O melhor resultado para a hidrólise enzimática assistida por ultrassom foi obtido utilizando um fator de pulso de 0,23 e amplitude de oscilação de 50%, produzindo 370,86 g[açúcar].kg^{-1}[bagaço de malte seco], ou seja, com 100% de eficiência levando em conta a massa de amido presente na amostra. Demonstrou-se que o uso de irradiação ultrassônica pode ser

eficientemente empregado para a obtenção de açúcares fermentáveis através da hidrólise enzimática do bagaço de malte.

5. REFERÊNCIAS

Benazzi, T., Calgaroto, S., Astolfi, V., Dalla Rosa, C., Oliveira, J.V. and Mazutti, M.A., 2013. Pretreatment of sugarcane bagasse using supercritical carbon dioxide combined with ultrasound to improve the enzymatic hydrolysis. *Enzyme and Microbial Technology* 52, pp. 247-250.

Cinelli, B.A., 2012. *Produção de etanol a partir da fermentação simultânea à hidrólise do amido granular de resíduo agroindustrial*. 200p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Instituto Alberto Luiz Coimbra, Rio de Janeiro, 2012.

CERVBRASIL, 2015. "Associação Brasileira da Indústria da Cerveja". 14 jun 2016 http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/ANUARIO_CB_2015_WEB.pdf

Liguori, R., Soccol, C.R., Vandenberghe, L.P.S., Woiciechowski, A.L. and Faraco, V., 2015. Second Generation Ethanol Production from Brewers' Spent Grain. *Energies*, 8, 2575-2586.

Martinez, M.A.U., Davolos, M.R. and Jafelicci, M.J. 2000. O efeito do ultrassom em reações químicas. *Química Nova*, v. 23, p. 251-256.

Miller, G.L.,1959. Use of dinitrosalicylic acid and reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem*., 31, pp. 426–427.

Mussato, S.I., Dragone, G. and Roberto, I.C., 2006. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. Review. *Journal of Cereal. Science* 43, 1–14.

Mussato, S.I., 2014. Brewer's spent grain: A valuable feedstock for industrial applications. *J. Sci. Food Agric.*, 94, 1264–1275.

Naveena, B., Armashaw, P. and Pembroke, J.T., 2015. Ultrasonic intensification as a tool for enhanced microbial biofuel yields. *Biotechnol Biofuels* , 8:140.

Reinold, M.R., 1997. *Manual prático de cervejaria*, first ed. Aden Editora e Comunicações Ltda, São Paulo. 214 p.

Santos, M.S., Ribeiro and F.M. 2005. *Cervejas e Refrigerantes*. São Paulo: CETESB; p. 58.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ TOTAL EM VINHOS TINTOS ARTESANAIS PRODUZIDOS NO MUNICÍPIO DE ESTAÇÃO/RS

Raquel Carla Zanatta[(1)]
Luciana Dornelles Venquiaruto[(1)]
Rogério Marcos Dallago[(1)]
Bruna Comin [(1)]
Mateus Henrique Bopsin [(1)]
[(1)]Universidade Regional Integrada - Campus de Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99700-000, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
raquelczanatta@gmail.com
venquiaruto@uricer.edu.br
dallago@uri.com.br
bruna_comin@hotmail.com
mateushb1@hotmail.com

Resumo: *O vinho é uma bebida proveniente da fermentação alcoólica de uvas maduras e frescas ou suco de uvas frescas. Sendo o resultado de uma atividade biológica exercida por leveduras que atuam sobre o açúcar da uva (glicose e frutose) e o transformam em álcool e gás carbônico. Neste trabalho, analisou- se dezoito amostras de vinhos artesanais coletados no Município de Estação/ RS. As amostras foram encaminhadas para análise no Laboratório de Química Analítica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-Campus Erechim. Para a quantificação do teor de acidez total presente nas dezoito amostras fez-se uso da volumetria de neutralização. Os resultados obtidos demonstraram que 100 % dos vinhos analisados estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente no Brasil- Portaria nº 43, de 18 de Maio de 2016 do Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento– MAPA- que determina um limite entre 40 e 130 meq/L de acidez total em vinhos.*

Palavras- chave: *Vinho artesanal, qualidade, acidez total.*

1. INTRODUÇÃO

O vinho é uma bebida obtida da fermentação alcoólica da uva madura e fresca ou suco de uva fresco. Sua definição bioquímica é caracterizada como bebida proveniente da fermentação alcoólica dos açúcares de suco de uva pela ação de leveduras e, em alguns casos, por bactérias láticas (AQUARONE, 2001).

As principais substâncias que constituem o vinho são: água, açúcares, alcoóis, ácidos, sais de ácidos minerais e orgânicos, contém substâncias fenólicas, como os flavonóides, os estilbenos (resveratrol), os ácidos fenólicos e uma grande variedade de taninos (MORAES e LOCATELLI, 2010; MARTINS e NICOLETTI, 2016). Sendo que a água é o maior componente do vinho, contribui com cerca de 80% de seu volume. Já o álcool etílico é o constituinte mais importante do vinho, após a água, e representa 99,5% do álcool contido no vinho (JACKSON, 2008).

Os benefícios do consumo de vinho estão relacionados ao etanol e aos compostos fenólicos presentes, em especial o resveratrol. A função do resveratrol na uva é proteger contra fungos, bactérias, vírus e radiação solar, e é encontrado na casca, semente e polpa da uva (MOURA *et al*., 2016).

O vinho quando consumido de maneira adequada, em doses apropriadas e associado às refeições, exerce ação benéfica à saúde, podendo prevenir determinadas doenças, mas para que isso aconteça é necessário manter hábitos de vida saudáveis. O consumo do vinho tinto pode diminuir os índices de doenças coronárias em até 60% (RIBEIRO e MAFROI, 2010). Vale ressaltar, que como em qualquer bebida alcoólica, o vinho pode causar problemas, quando ingerido em excesso.

Como o vinho é largamente utilizado nas dietas e possui aporte calórico elevado, sua contribuição no ganho ponderal e controle glicêmico pode ser considerável. Dessa forma com o consumo habitual há o favorecimento de um maior estoque de lipídios e aumento do peso corporal e consequentemente aparecimento da obesidade. O acúmulo de gorduras acontece preferencialmente no abdome. O etanol também é considerado um estimulador do apetite com atuação em vários sistemas neuroquímicos através da inibição da leptina e serotonina (MOURA *et al*., 2016).

A determinação das propriedades físico-químicas dos vinhos possibilita identificar ou não sua qualidade. No momento da colheita, a composição das bagas (como os teores de açúcares, ácidos, taninos, polifenóis não oxidáveis, capacidade antioxidante, aromas, enzimas oxidorredutoras e microelementos) é essencial para a qualidade do vinho. O

conjunto dessa composição garante o caráter distintivo e de qualidade e está diretamente relacionado ao material genético da cultivar, às técnicas culturais adotadas no vinhedo e ao próprio ecossistema vitícola, além do clima e do solo, são fatores que influenciam na qualidade final do vinho e também influenciam diretamente em diversas características físico-químicas da uva, entre as quais o pH, os teores de sólidos solúveis, a acidez titulável, o potássio e os compostos fenólicos totais (SILVA *et al*., 2015)

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a acidez total de dezoito amostras de vinho tinto, produzidos artesanalmente, no município de Estação/RS. Os resultados foram confrontados com os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente (Portaria nº 43, de 18 de Maio de 2016 do Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento - MAPA) e foram encaminhados para os produtores rurais.

2. METODOLOGIA

A pesquisa teve um caráter experimental. Primeiramente foram coletadas, entre os meses de janeiro a março de 2017, amostras de vinhos tintos artesanais, diretamente nas propriedades rurais de agricultores campesinos do município de Estação/RS, totalizando 18 amostras.

As amostras coletadas foram encaminhadas para análise no Laboratório de Química Analítica da Universidade Regional Integrada do Alto uruguai e das Missões URI-Campus Erechim.

Para determinar a acidez total das amostras de vinhos tintos utilizou-se como instrumento analítico a titulação volumétrica (MENDHAM, 2012; HARRIS, 2012; BACCAN, 2013), como titulante usou-se uma solução 0,1M de hidróxido de sódio (NaOH) padronizada. A técnica foi executada conforme orientação da Legislação Vigente, seguindo as etapas abaixo:

I-Retirou-se com o auxílio de uma pipeta volumétrica uma alíquota de 10 mL da amostra de vinho e transferiu-se para um Erlenmeyer de 250 mL; onde foram posteriormente diluídas com a quantidade de 100 mL de água destilada.

II-Na sequência a amostra foi submetida a titulação com uma solução padrão de NaOH 0,1M, até pH 8,2. Salienta-se que o pH foi acompanhado durante a titulação, de forma instrumental, empregando eletrodo de pH.

III-Após o término da titulação a quantidade de hidróxido de sódio utilizado na análise foi anotado para efetuar, posteriormente, os cálculos segundo a equação 1.

$$AT(mEq.L^{-1}) = \frac{1000\ x\ V_{NaOH}\ x\ N_{NaOH}}{Va} \quad (1)$$

onde:
V (NaOH) = volume da solução de NaOH gasto na titulação (mL)
N = normalidade da solução de NaOH
V_a = volume da amostra (mL)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados referentes ao teor de ácido acético para as 18 amostras de vinho tinto, adquiridas diretamente nas propriedades rurais localizadas no Município de Estação/ RS, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de acidez nos vinhos, expressos em teor de ácido tartárico (meq/L)

Amostras	Média do volume gasto de NaOH 0,1M (mL)	Acidez Total expressa em ácido tartárico (meq/L)
1	6,83	68,33 ± 0,06
2	6,20	62,00 ± 0,00
3	5,50	55,00 ± 0,00
4	5,93	59,33 ± 0,06
5	7,17	71,67± 0,06
6	6,10	61,00 ± 0,00
7	8,73	87,33 ± 0,12
8	7,97	79,67 ± 0,06
9	7,77	77,67 ± 0,06
10	6,90	69,00 ± 0,00
11	8,17	81,67 ± 0,06

12	7,93	79,33 ± 0,06
13	6,27	62,67 ± 0,06
14	6,00	60,00 ± 0,00
15	4,97	49,67 ± 0,06
16	5,87	58,67 ± 0,06
17	6,07	60,67 ± 0,06
18	7,03	70,33 ± 0,06

Pode-se observar que dos vinhos analisados, todos encontram-se dentro do parâmetro para a acidez total recomendado pela Portaria nº 43 de 18 de Maio de 2016 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que fixa padrões de qualidade entre 40 e 130 meq/L.

Verifica-se também que algumas amostras apresentaram um teor de acidez total próximo ao limite, isso se deve, possivelmente, a variedade da uva, métodos de cultivo das videiras e também dos métodos empregados para a produção do vinho.

Salienta-se que os resultados encontrados foram encaminhados para os agricultores que forneceram as amostras de vinhos para a realização desta pesquisa.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas análises foram positivo, pois 100% das amostras analisadas encontraram-se de acordo com o permitido pela legislação.

As pesquisas realizadas com este estudo sobre vinhos artesanais, assim como as análises da titulação, foram de grande importância para determinar a qualidade obtida na fabricação artesanal do vinho tinto, que é altamente consumido no Município. Salienta-se que a produção e consumo de vinho faz parte de uma tradição que é passada de geração a geração e está fortemente atrelada a cultura italiana.

A caracterização das amostras de vinho possibilitou aos agricultores assegurar-se da qualidade do produto (em relação ao teor de acidez total), o qual é empregado rotineiramente em sua alimentação. Das amostras analisadas, 100% dos vinhos encontram-se dentro das normas estabelecidas pela legislação vigente.

5. AGRADECIMENTOS

À URI, FAPERGS, CNPq.

6. REFERÊNCIAS.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; LIMA W. S., 2001. *Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na Produção de Alimentos*. São Paulo: Ed. Blucher.

BACCAN, Nivaldo *et al*., 2013. *Química analítica quantitativa elementar.* São Paulo: Edgard Blücher.

BRASIL. Dispõem sobre a produção, circulação e comercialização de vinho e derivados da uva e do vinho e dá outras providencias. Lei nº 7.678 de 08 de novembro de 1988. Diário oficial da União, 09 de novembro de 1988. 17 de julho de 2017. Disponível (online) <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/L7678.htm>.

HARRIS, Daniel C., 2012. *Análise química quantitativa.* Rio de Janeiro: LTC.

JACKSON, R. S., 2008. *Ciência do vinho: princípios e aplicações*. San Diego: Academic Press.

MARTINS, P. P.; NICOLETTI, M. A., 2016. *Polifenóis no vinho: resveratrol e seus benefícios***.** Infarma Ciências Farmacêuticas. v. 28, p. 216-225, São Paulo.

MENDHAM, J., 2012. *Vogel análise química quantitativa.* Rio de Janeiro: LTC.

MORAES, V.; LOCATELLI, C., 2010. *Vinho: uma revisão sobre a composição química e benefícios à saúde*. Revista Evidência. v. 10, n. 1-2, p. 57-68, Joaçaba.

MOURA, E. G.; BRITO-FILHO, S. B.; SANTOS, O.J.; SAUAIA- FILHO, E. N. S.; AMORIM, E.; SANTANA, E. E. C.; BARROS-FILHO, A. K. D.; SANTOS, R. A. P.**,** 2016. *Efeito da ingestão crônica de vinho sobre a homeostase*

glicêmica, lipídica e ponderal em camundongos. ABCD, Arquivos brasileiros de cirurgia digestiva. v. 29, n. 3, p.146-150, São Paulo, Julho/Setembro.

RIBEIRO, M. E. M.; MANFROI, V., 2010. Vinho e Saúde: uma visão química. Revista Brasileira de Viticultura e Enologia. v. 2, p. 91-103.

SILVA, M. J. R.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; BRUNELLI, L. T.; IMAIZUMI, V. M.; FILHO, W. G. V., 2015. *Composição físico-química do mosto e do vinho branco de cultivares de videiras em resposta a porta-enxertos*. Pesquisa agropecuária brasileira. v. 50, n. 11, p.1105-1113, Brasília, Novembro.

7. AVISOS DE RESPONSABILIDADE

Os autores Raquel Carla Zanatta, Luciana Dornelles Venquiaruto, Rogério Marcos Dallago, Bruna Comin e Mateus Henrique Bopsin são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁCIDO ACÉTICO DE VINAGRES ARTESANAIS PRODUZIDOS NA REGIÃO DA FRONTEIRA NOROESTE GAÚCHA

Raquel Carla Zanatta[(1)]
Luciana Dornelles Venquiaruto[(1)]
Rogério Marcos Dallago[(1)]
Hortência Scolari [(1)]
Fernando Nonnemacher [(2)]
João Carlos Krause [(2)]
[(1)]Universidade Regional Integrada - Campus de Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, 99700-000, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil.
[(2)]Universidade Regional Integrada - Campus de Santo Ângelo, Av. Universidade das Missões, 464, 98802470, Santo Ângelo, Rio Grande do Sul, Brasil.
raquelczanatta@gmail.com
venquiaruto@uricer.edu.br
dallago@uri.com.br
scolarihortencia@gmail.com
fernando.nome@hotmail.com
krause@san.uri

Resumo: *O vinagre é obtido através de duas fermentações, a primeira é a fermentação alcoólica, onde o açúcar é transformado em álcool e em seguida ocorre a fermentação acética, ambos os processos são realizados por determinados microrganismos. Neste trabalho, analisou-se o teor de ácido acético em amostras de vinagres de vinhos tintos artesanais produzidos na Região da Fronteira Noroeste Gaúcha. Para as análises utilizou-se como instrumento analítico a titulação, as mesmas foram analisadas no laboratório de Química Ambiental da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- Campus Erechim. Foram analisadas 16 amostras de vinagre de vinho tinto e, deste total, oito (50%) encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente, apresentando um teor de ácido acético igual ou acima de 4%. As amostras, com teores de ácido acético acima do permitido pela legislação brasileira poderão, por um processo simples de diluição, mediante acréscimo de água potável, proporcionar um aumento no rendimento da produção.*

Palavras-chave: *Vinagre artesanal, qualidade, teor de ácido acético.*

1. INTRODUÇÃO

A palavra vinagre deriva do idioma francês vinaigre, que significa "vinho azedo"(JUVINO *et al.*, 2016). O vinagre é produzido através de processos de oxidação biológica, em que um substrato com um baixo teor de alcoólico é parcialmente oxidado por bactérias para produzir o ácido acético e água (FERREYRA *et al*., 2014). Ou seja, é uma solução diluída de ácido acético, elaborada de dois processos consecutivos: a fermentação alcoólica, representada pela conversão de açúcar em etanol (álcool) e da fermentação acética, que corresponde à transformação do álcool em ácido acético por determinadas bactérias, conferindo o sabor característico (MARQUES, 2008). O mesmo é o produto da fermentação acética do vinho, que juntamente com este, foram os primeiros produtos de fermentações espontâneas utilizadas pelo homem na alimentação (EMBRAPA, 2006; FERREYRA *et al*., 2014).

A fabricação de vinagre proporciona um meio de utilização de matérias-primas não aproveitáveis dos estabelecimentos industriais de frutas e especialmente de propriedades rurais que não poderiam competir no mercado (MARQUES, 2008). Um produto de qualidade depende de vários fatores, relacionados aos microrganismos utilizados nas fermentações, à matéria-prima, às condições de desenvolvimento da fermentação alcoólica e acética e também ao produto, ou seja, a maturação, conservação, clarificação, engarrafamento e pasteurização (LEONEL *et al*., 2015).

O vinagre é considerado um condimento (PALMA; CARVALHO; GAVÓGLIO, 2013), pois sua principal finalidade é atribuir gosto e aroma aos alimentos. É um complemento indispensável à alimentação humana, utilizado no mundo inteiro na alimentação, devido às suas propriedades benéficas, como condimento e também como conservante de alimentos (SOUZA *et al*., 2016). Foi recomendado, também, para tratar de disfunções respiratórias, feridas e úlceras, devido às suas propriedades desinfetantes e anti-inflamatórias (VELOSO, 2013).

O vinagre e os vinhos cítricos são produtos típicos com características regionais (FERREYRA *et al*., 2014). O alto consumo de vinagre em nosso país deve-se ao fato do Brasil ser um país tropical, onde o consumo de salada é incentivado pelo calor, e a consequente necessidade de uma alimentação mais leve, mais saudável, estimulando o cuidado com a saúde. O vinagre pode ser usado como tempero de saladas, mas também na limpeza de legumes e verduras, mostrando a ação bactericida (BOFFO, 2004).

Esta pesquisa é de grande relevância, pois pode auxiliar qualitativamente os produtores e consumidores do produto em relação às concentrações de ácido acético (representa a qualidade do produto) presentes nas amostras de vinagre produzidas artesanalmente da Região da Fronteira Noroeste Gaúcha. Salienta-se a importância desta pesquisa para os produtores rurais de vinagre, uma vez que a comercialização dos mesmos ocorre sem um controle de tal parâmetro, o qual é referenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), como principal critério para que estes sejam comercializados como vinagre.

Neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo determinar o teor de ácido acético em vinagres artesanais de vinhos tintos produzidos na Região da Fronteira Noroeste Gaúcha e compará-los com os valores permitidos pela legislação vigente (Instrução Normativa 6/2012do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA).

Por intermédio dos valores encontrados nas analises efetuadas, também será possível informar aos produtores, além da qualidade (teor de ácido acético), a possibilidade de um maior aproveitamento da produção, através de diluições se as concentrações de ácido acético dos mesmos estiverem acima do permitido pela legislação (4g/100mL).

2. METODOLOGIA

Neste estudo, foram coletas 16 amostras de vinagres artesanais de vinho tinto, adquiridas diretamente nas propriedades rurais e, também, em feiras livres em dezesseis (16) dos vinte (20) municípios pertencentes a Região da Fronteira Noroeste Gaúcha, no período de janeiro a abril de 2017. As amostras, após coletadas, foram encaminhadas para análise no Laboratório de Química Analítica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim/RS.

Para realizar a determinação do teor de ácido acético nos vinagres artesanais de vinho tinto, empregou-se como instrumento analítico a titulação volumétrica (BACCAN *et al*., 2013, MENDHAM, 2012). Assim, analisou-se volumetricamente o teor de ácido acético nos vinagres artesanais, empregando como titulante uma solução 0,1M de hidróxido de sódio (NaOH), padronizada e fenolftaleína como indicador.

Para a realização das análises, as amostras de vinagre (10 mL) foram previamente diluídas em um balão volumétrico de 250 mL com água destilada. Desta solução foi retirado, com o auxílio de uma pipeta volumétrica, uma alíquota de 50 mL, a qual foi transferida para um erlenmeyer de 250 mL e, posteriormente a adição do indicador (3 gotas de fenolftaleína), a amostra foi submetida a titulação com uma solução padrão de NaOH 0,1 M. O ponto final da titulação é indicado pelo aparecimento da tonalidade rosa persistente.

Após o término da titulação o volume de NaOH consumido foi anotado e empregado como referência para calcular a quantidade de ácido acético presente no vinagre artesanal, conforme a equação 1.

$$Acidez\ \left(\frac{g}{L}\right) = \frac{V_{NaOH}\ x\ [NaOH]\ x\ 1000}{MM_{Ác.Acético}\ x\ V_{amostra}} \qquad (1)$$

Onde:
V_{NaOH} = volume gasto de hidróxido de sódio
[NaOH] = concentração real da solução de hidróxido de sódio
$MM_{Ác.\ Acético}$ = massa molar do ácido acético = 60,0 g/mol
$V_{amostra}$ = volume alíquota de vinagre

Ressalta-se que as análises foram realizadas em triplicatas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados referentes ao teor de ácido acético para as 16 amostras de vinagre de vinho tinto coletadas em diferentes cidades da Região da Fronteira Noroeste Gaúcha encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Teor de ácido acético em (%) para amostras de vinagres artesanais de vinho.

Amostras (cidade de origem)	**Teor de ácido acético no vinagre (%, m/v)**	**Volume de vinagre equivalente a 4% (L)***	**Volume de água a ser adicionado (mL)**	**Aumento no rendimento (%)**
Alecrim	0,67 ± 0,11	---	---	---
Boa Vista do Buricá	**6,36 ± 0,23**	**1,590**	**590**	**59,0**
Alegria	2,41 ± 0,09	---	---	---

Campinas das Missões	**4,03 ± 0,07**	**1,000**	**---**	**---**
Cândido Godói	**6,71 ± 0,21**	**1,677**	**677**	**67,7**
Horizontina	**5,23 ± 0,13**	**1,307**	**307**	**30,7**
Independência	2,96 ± 0,10	---	---	---
Novo Machado	1,93 ± 0,06	---	---	---
Porto Lucena	3,30 ± 0,12	---	---	---
Porto Vera Cruz	2,27 ± 0,08	---	---	---
Santa Rosa	**5,31 ± 0,10**	**1,327**	**327**	**32,7**
Santo Cristo	**4,07 ± 0,04**	**1,000**	**---**	**---**
São José do Inhacorá	2,92 ± 0,19	---	---	---
Três de Maio	**6,85 ± 0,23**	**1,712**	**712**	**71,2**
Tuparendi	3,37 ± 0,18	---	---	---
Tucunduva	**9,52 ± 0,26**	**2,380**	**1.380**	**138,0**

*Análises em triplicatas

Observa-se na Tabela 1 que das 16 amostras de vinagre artesanal de vinho, 50% delas (negritados), ou seja, oito (8) apresentaram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, sendo que para ser considerado vinagre de vinho tinto, a legislação vigente no Brasil estabelece um teor de ácido acético mínimo de 4% (Instrução Normativa 6/2012/MAPA). Em relação a estas oito amostras, observamos que duas delas, a de Campinas das Missões e a de Santo Cristo, apresentaram a concentração mínima necessária, ou seja, 4%. As seis demais amostras apresentaram uma concentração de ácido acético no mínimo 25% superior a recomendada, com destaque para a amostra de Tucunduva com um teor de 9,52%, o qual é 138% superior ao teor mínimo recomendado pela legislação.

Os vinagres com teor acima de 4% de ácido acético podem ser submetidos a um processo de diluição, para obter-se um maior rendimento. A diluição consiste em adicionar mais solvente (neste caso a água), a uma determinada solução, o vinagre (HARRIS, 2012; MAIA, *et al*., 2007). A massa de soluto em uma solução após ser diluída permanece a mesma, não é alterada, porém a sua concentração, em função do aumento do volume, se altera. Enquanto o volume aumenta, a concentração diminui proporcionalmente, conforme a Equação 2.

$$C_1.V_1=C_2.V_2 \quad (2)$$

Onde:

C_1 = concentração da amostra inicial (vinagre concentrado)

V_1 = volume da amostra inicial

C_2 = concentração do produto final, a qual corresponde neste caso a 4%

V_2 = volume do produto final (vinagre para consumo ou comercialização)

Algumas amostras apresentaram teor de ácido acético abaixo do permitido pela legislação, isso se deve, possivelmente a alguns fatores, a saber: a insuficiência de açúcar na fermentação, uma vez que se a matéria-prima de partida (vinho ou vinhoto) apresentará um baixo teor alcoólico, consequentemente, o vinagre terá um baixo teor de ácido acético; a ausência do emprego de leveduras selecionadas, ocasionando uma fermentação competitiva entre as leveduras e bactérias presentes naturalmente na casca da uva; a mudanças climáticas da estação.

4. CONCLUSÕES

Na presente pesquisa, foram analisadas dezesseis (16) amostras de vinagre dos vinte (20) municípios pertencentes à Região da Fronteira Noroeste Gaúcha com o intuito de verificar o teor de ácido acético presente nas mesmas. Das dezesseis amostras, verificou-se que oito (8) apresentaram um valor para o teor de ácido acético dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, pois para ser considerado vinagre de vinho a legislação vigente no Brasil estabelece um teor de ácido acético mínimo de 4%.

Destaca-se a importância desta pesquisa, pois por intermédio desta foi possível, além de avaliar a qualidade referente ao teor de ácido acético nos vinagres produzidos artesanalmente, constatar que mais de 37 % dos produtores poderiam aumentar em no mínimo 30% sua produção, mediante diluição. E ainda através da mesma, assegurar aos produtores de que a conservação do produto final está diretamente ligada ao teor de ácido acético.

5. AGRADECIMENTOS

À URI, FAPERGS, CNPq.

6. REFERÊNCIAS

BACCAN, Nivaldo *et al*., 2013. *Química analítica quantitativa elementar.* São Paulo: Edgard Blücher.

BOFFO, E. F., 2004. *Estudo da Origem Biossintética do Ácido Acético e Determinação da acidez em amostras de*

Vinagres Comerciais Via RMN 2H e 1H. Dissertação. Universidade Federal de São Carlos. São Paulo.

EMBRAPA, 2006. Sistema de produção de vinagres. 12 de setembro de 2017. <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/vinagre/index.htm>.

FERREYRA, M.M; SCHVAB, M.C.; DAVIES, C.V.; GERARD, L.M.; SOLDA, C.A., 2014. Obtenção do vinagre de laranja em processo semicontínuo, em escala laboratorial. Ciência, educação e tecnologia, v. 25, n. 49. Entre Rios, Argentina.

HARRIS, Daniel C., 2012. *Análise química quantitativa*. Rio de Janeiro: LTC.

JUVINO, D. S.; COSTA, J. N.; ALMEIDA, J. P.; OLIVEIRA, V. P.; JUNIOR, H. L., 2016. *Controle de qualidade de vinagres comercializados na cidade de Rolim de Moura/RO*. Revista Saberes, v. 4, n. 1, jan./jun., p. 87-95.

LEONEL Magali, SUMAN Priscila Aparecida, GARCIA Emerson Loli, 2015. *Production of ginger vinegar.* Ciências e Agrotecnologia, Lavras, v.39, n.2, p.183-190, mar./abr.

MAIA, Daltamir Justino; BIANCHI, J. C. de A., 2007. *Química Geral: fundamentos.* São Paulo: Pearson Prentice Hall.

MENDHAM, J., 2012. *Vogel análise química quantitativa.* Rio de Janeiro: LTC.

MARQUES, F. P. P., 2008. *Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de vinagres de diferentes matérias primas. Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia de Alimentos.* Universidade Federal de Goiás.

PALMA, M. S. A.; CARVALHO, L. F. C. P.; GAVÓGLIO, L. C. Vinagres. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A., 2013. *Biotecnologia Industrial.* São Paulo: Edgard Blücher, p. 183-208.

SOUZA, C. K.; LICODIEDOFF, S.; SCHMITZ**,** F. R. W.; FREITAS, A.; BERTOLI, S. L., 2016. *Alimento de elevado valor funcional obtido do mosto residual da indústria vinícola*. *Scientia Cum Industria*, Blumenau, v.4, n. 2, 61-63.

VELOSO, Camila Leão, 2013**.** *Sistema de produção de vinagre.* Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA.

7. AVISOS DE RESPONSABILIDADE

Os autores Raquel Carla Zanatta, Luciana Dornelles Venquiaruto, Rogério Marcos Dallago, Hortência Scolari, Fernando Nonnemacher e João Carlos Krause são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

DECOMPOSIÇÃO RADICALAR DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO EMPREGANDO COMO PROMOTOR ÍONS HIDROXILA: DETERMINAÇÃO DO EFEITO PROMOTOR

Raquel Vera Zamadei
Departamento de Ciências Exatas e da Terra - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
e-mail: raquel-zamadei@hotmail.com

Camila Carla Kriguer
Departamento de Ciências Exatas e da Terra - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
e-mail: kamilack@hotmail.com

Luciana Dornelles Venquiaruto
Departamento de Ciências Exatas e da Terra - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
e-mail: venquiaruto@uri.com.br

Rogério Marcos Dallago
Departamento de Ciências Exatas e da Terra - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Erechim, Av. Sete de Setembro 1621, Erechim - RS, CEP 99700-000, Brasil.
e-mail: dallago@uri.com.br

Resumo. *O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito promotor dos íons hidroxila na decomposição radicalar do peróxido de hidrogênio. Em um primeiro momento foi feito um ensaio oxidativo avançado, o qual foi realizado em batelada a temperatura ambiente e agitação constante, foram usados 100mL de calda e 2 mL de peroxido de hidrogênio, na ausência e na presença de promotores, onde utilizo-se 0,5 g de cal e 0,5 g de sulfato ferroso amoniacal. Em um segundo momento foram realizadas analises de carbono total (cot), o qual foi conduzido por espectrofotometria no UV-Vis, e foram necessários aproximadamente 20 mL de amostra bruta, calda tratada com cal e calda tratada com Fe(II). Após uma hora de reação, as amostras foram filtradas e analisadas por espectrofotometria no UV-Vis (modo scan) em relação a perda de pigmentação, e por COT, para verificar a redução de carbono orgânico total, o qual esta diretamente vinculado a mineralização do efluente. Para analise foi considerada a região de absorção de radiação do visível, entre 400 e 700 nm. Os melhores resultados foram observados para os ensaios conduzidos empregando a Cal e o Ferro como promotores de radicais hidroxila, característico de POAs. O ensaio conduzido com Cal promoveu a remoção total de pigmentação em toda a região do espectro acima de 330 nm. Assim podemos concluir que os processos oxidativos avançados demonstraram um efeito positivo dos íons hidroxila, independente do precursor, em relação a decomposição catalítica do peróxido de hidrogênio.*

Palavras-chaves: *Processo oxidativos avançados, tratamento de efluentes, peróxido de hidrogênio.*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos a necessidade de se tomarem providências maiores para evitar a geração de efluentes vem crescendo, para que haja uma diminuição de contaminações tanto nos recursos hidrícos quanto no solo e no ar. O aumento das atividades industrias vem gerando uma grande preocupação, pois a geração de resíduos com poluentes orgânicos geram contaminações ambientais que provem destas ativiades. (Salgado, *et al.*, 2009; Ignachewski *et al.*, 2010).

O tratamento de efluentes alimentícios tem sido considerado uma das mais importantes categorias de controle de poluição da água, devido à alta concentração de contaminantes orgânicos, como gorduras e açúcares, e em muitos casos pela forte intensidade de cor. Devido a esta complexidade, muitas vezes os processos biotecnológicos convencionais não são capazes de degradar tais compostos, principalmente os corantes que em sua maioria são derivados de moléculas

aromáticas, de difícil degradação, o que vem a ocasionar inibição e/ou paralisação do metabolismo de certos microorganismos (Guaratini e Zanoni, 2000).

Deste modo, processos alternativos para o tratamento de efluentes vêm despertando grande interesse na área científica, dentre os quais se destacam os Processos Oxidativos Avançados (POA), que são baseados na formação de radicais hidroxila (HO*), um agente altamente oxidante (Marcelino *et al.*, 2013). Os Processos Oxidativos Avançados (POA) são tecnologias consolidadas e efetivas de tratamento de água e efluentes para a remoção de poluentes orgânicos não tratáveis por meio de técnicas convencionais devido a sua elevada estabilidade química e/ou baixa biodegradabilidade (Oller, Malato e Sánchez-Pérez, 2011).

Os POA são processos de degradação de contaminantes via geração *in situ* de fortes oxidantes radicalares a base de oxigênio, como radical hidroxila •OH (Jović *et al.*, 2013). O potencial de oxidação do radical •OH (2,80 V) é maior do que dos outros oxidantes comumente usados (cloro, hipoclorito, ozônio), e apenas o flúor apresenta maior capacidade de oxidação (3,03 V). Dessa forma, esses processos possuem uma elevada eficiência, podendo alcançar a mineralização dos contaminantes orgânicos de um efluente, transformando-os em CO_2 e ácidos minerais (Marcelino *et al.*, 2013).

Neste sentido o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito promotor dos íons hidroxila na decomposição radicalar do peróxido de hidrogênio.

2. MATERIAIS E METODOS

2.1 MATERIAIS

Foram utilizados neste estudo o peróxido de hidrogênio 30%, hidróxido de sódio 1 mol L^{-1}, hidróxido de cálcio hidratado, cal comercial, azul de metileno e calda de balas de um industria local.

2.2 METODOS

2.2.1 ENSAIO DE DEGRADAÇÃO OXIDATIVA

Inicialmente foram conduzidos ensaios de degradação oxidativa empregando 100 ml de calda e 2 ml de peróxido de hidrogênio, na ausência e na presença de promotores da decomposição catalítica. Como promotores catalíticos empregaram-se 0,5 g de cal e 0,5 g de sulfato ferroso amoniacal. Os ensaios foram conduzidos em batelada a temperatura ambiente e agitação constante. Após uma hora de reação, as amostras foram filtradas e analisadas por espectrofotometria no uv-vis (modo scan) e em relação ao teor de carbono orgânico total.

2.2.2 ANALISES DE CARBONO TOTAL (COT)

O teor de carbono orgânico é empregado para avaliar a eficiência do processo Fenton no que se refere a mineralização da amostra. Ele foi conduzido em um equipamento Shimadzu, modelo TOC-V CSH. Para as análises foram necessários aproximadamente 20 mL de amostra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram conduzidos ensaios de degradação oxidativa empregando 100 mL de calda e 2 mL de peróxido de hidrogênio, na ausência e na presença de diferentes promotores catalíticos (Cal e Sulfato ferroso amoniacal). Os ensaios foram conduzidos em batelada a temperatura ambiente e agitação constante. Após uma hora de reação, as amostras foram filtradas e analisadas por espectrofotometria no UV-Vis (modo scan) (Figura 1) em relação a perda de pigmentação, e por COT, para verificar a redução de carbono orgânico total, o qual esta diretamente vinculado a mineralização do efluente.

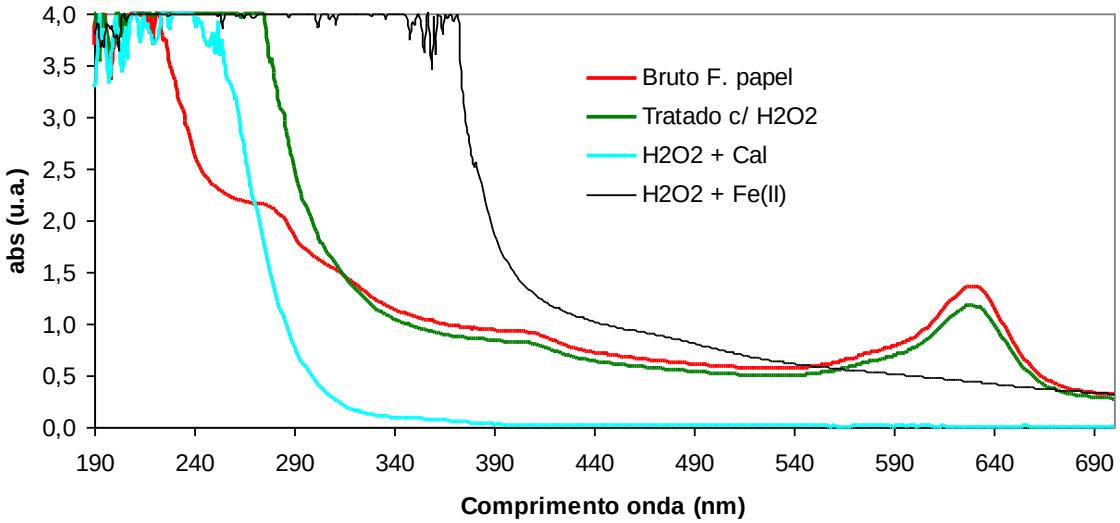


Figura 1 - Espectro de absorbância de radiação nas regiões visível e UV da calda bruta, com e sem filtração e da calda submetida a distintos tratamentos oxidativos. Condições: 100 mL de calda, [H_2O_2] =1789 mg L^{-1}, [Cal] = 10g L^{-1} ou [Fe] = 2g L^{-1}.

Para a análise dos resultados foi considerada a região de absorção de radiação do visível, entre 400 e 700 nm. Neste contexto, observa-se uma elevada absorção de radiação na região entre 600 e 670 nm, o que esta coerente com a pigmentação azul da calda empregada neste estudo (Figura 2). A variação na intensidade desta banda foi empregada para avaliar a eficiência em relação a remoção de pigmentação. Neste sentido, os melhores resultados foram observados para os ensaios conduzidos empregando a Cal e o Ferro como promotores de radicais hidroxila, característico de POAs. Enquanto o ensaio conduzido somente com peróxido apresentou uma remoção de pigmentação azul de aproximada 10%, para os demais ensaios esta remoção foi superior a 95%.

A maior absorção de radiação observada para o ensaio conduzido com sulfato ferroso, em relação ao ensaio conduzido com Cal, deve-se a presença de íons Fe(III) gerados durante a reação de oxidação do Fe(II), para promover a geração do radical hidroxila. As soluções de íons férricos naturalmente apresentam-se com coloração amarela, apresentando uma intensa absorção entre 390 e 410 nm. Sua presença na solução final implica em uma nova etapa de tratamento, vinculada a sua remoção.

O ensaio conduzido com Cal promoveu a remoção total de pigmentação em toda a região do espectro acima de 330 nm, ampliando a região de atuação, conduzindo a uma solução límpida e translúcida (Figura 2).

Figura 2- Amostra de calda bruta e após aplicação do POA empregando como promotor do radical Hidroxila Cal.

Os resultados referentes ao Teor de carbono orgânico total encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Teor de Carbono orgânico

Amostra	Teor de Carbono Orgânico (COT)
Calda Bruta (somente filtrada)	17.840 ± 110
Calda tratada / Cal	16.690 ± 87
Calda Tratada / Fe(II)	12.870 ± 238

De acordo com o TOC, o qual esta diretamente vinculado com a mineralização da amostra, o ensaio empregando Fe(II) (Fenton), apesar de apresentar uma menor remoção de pigmentação, apresentou uma maior remoção do conteúdo orgânico presente na calda (aproximadamente 30 %), indicando uma maior eficiência no que se refere a mineralização.

A baixa redução do conteúdo orgânico observada para o ensaio empregando Cal sugere ser o processo menos agressivo, e ideal para a remoção de pigmentação, mas pouco eficiente para a remoção de carga orgânica.

4. CONCLUSÃO

Apartir dos dados obtidos, pode-se concluir que os processos oxidativos avançados demonstraram um efeito positivo dos íons hidroxila, independente do precursor, em relação a decomposição catalítica do peróxido de hidrogênio. Este novo sistema, inédito na literatura, apesar de menos reativo, demonstrou-se eficiente na remoção da pigmentação de caldas residuais do beneficiamento de bala.

5. AGRADECIMENTOS

FAPERGS, CAOPES, CNPq e URI Campus de Erechim.

6. REFERÊNCIAS

Dallago, R. M.; Smaniotto, A.; Conceição, L. DA; Oliveira, L. C. A; Ferraz, W., *2004*. "Degradação de corantes têxteis via sistema fenton heterogêneo: efeito da presença de um ácido orgânico". *In: XII Encontro de Química da região Sul.* Guarapuava. Livro de resumos. Guarapuava: Unicentro, 2004.

Guaratini, C.; Zanoni, M. , 2000. "Corantes Têxteis"**.** *Química Nova*. v. 23, p. 71- 78.

Ignachewski, F., Fujiwara, S. T., Cótica, L. F., Carneiro, L. M., Tauchert, E., Peralta-Zamora, P., 2010. "Degradação de corantes reativos por processo foto-fenton envolvendo o uso de peneira molecular 4a modificada com fe^{3+}." *Quimica Nova*, Vol. 33, No. 8, 1640-1645.

Jović, M., Manojlović, D., Stanković, D., Dojčinović, B., Obradović, B., Gašić, U., Roglić, G., 2013. "Degradation of Triketone Herbicides, Mesotrione and Sulcotrione, Using Advanced Oxidation Processes", *Journal ofHazardous Materials*, v. 260, p. 1092-1099.

Marcelino, R. B. P.; Frade, P. R.; Amorim, C. C.; Leão, M. M. D., 2013. "Tendências e desafios na aplicação de tecnologias avançadas para o tratamento de efluentes industriais não biodegradáveis: atuação do grupo de pesquisas poa control da ufmg". *Revista ufmg*, Belo Horizonte, v. 20, n.2, p. 358-383.

Oller, I., Malato, S., Sánchez-Pérez, J. A., 2011. "Combination of Advanced Oxidation Processes and Biological Treatments for Wastewater Decontamination: a review". *Science ofthe Total Environment*, v. 409, p. 4141-4166.

Rigoni, R. E., 2006. *Degradação de corante alimentício amarelo crepúsculo utilizando fotocatálise*. Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado em Engenharia de Alimentos da URI-Campus de Erechim.

Salgado, B. C. B., Nogueira, M. I. C., Rodrigues, K. A., Sampaio, G. M. M. S., Buarque, H. L. B., Araújo R. S., 2009. "Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e foto-assistidos (UV e UV/H_2 O_2)." *Eng Sanit Ambient,* v.14 n.1.

Teixeira, C. P., B., DE Almeida; Jardim, W., F., 2004. "Processos oxidativos avançados". *Caderno temático*. v. 3. Instituto de Química UNICAMP, Campinas.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA SEMENTE DA MAMONA (*RICINUS COMMUNIS L.*)

Thais Cassiele Piovezan
Viviane Borela Baldim
Juliana Pagliarini
Vanessa Duz
Franciele Dalcanton
Josiane Maria Muneron de Mello
Unochapecó – Av. Senador Atílio Fontana. 591 – E, Efapi – CEP: 89809-000 – Departamento de Engenharia Química – Chapecó – SC – Brasil
thaiscassiele@unochapeco.edu.br
b_viviborela@unochapeco.edu.br
jupagliarini@unochapeco.edu.br
vanessa.duz@unochapeco.edu.br
fdalcanton@unochapeco.edu.br
josimello@unochapeco.edu.br

Resumo. *A mamoneira (Ricinus communis L.), oleaginosa de relevante importância econômica e social no Nordeste, apresenta-se como alternativa para a produção do biodiesel e entre outros produtos. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura e do tempo em contato direto do solvente com a semente triturada, a fim de obter-se um maior rendimento do óleo de mamona. Os resultados obtidos demonstraram que a extração possui um rendimento de 43,04% com tempo de 4 h e a uma temperatura de 25 ºC. O modelo obtido apresentou um* R^2 *de 99,27%, o que denota um grau de pureza relativamente elevado, tornando-o mais eficiente em suas aplicações.*

Palavras-chave: *mamona, extração, hexano, óleo de mamona.*

1. INTRODUÇÃO

O Ricinus communis é um arbusto da família Euforbiacea, vindo da Etiópia e gradativamente disseminado mundialmente (GARCIA-GONZALEZ et al., 1999). Conhecida no Brasil como mamona ou carrapateira, esta planta é cultivada em quase todo mundo em zonas tropicais e subtropicais, devido seu fácil cultivo, boa adaptação a climas diferenciados (OLIVEIRA et al., 2005).

Os frutos da mamoneira se caracterizam por apresentar capsulas espinhosas de coloração variável para macho e fêmea, onde ambas adquirem a cor marrom conforme o amadurecimento. O diâmetro do invólucro pode variar de 1,27 cm a 2,54 cm, sendo que o mesmo é composto por sementes de textura oleosa e lisa, e manchas marrons, fazendo com que se assemelhem à carrapatos. (FONSECA, 2014)

O óleo derivado da semente da mamona possui características peculiares em sua molécula que lhe conferem o status de único óleo vegetal naturalmente hidroxilado, além de, possuir uma composição com predominância de ácido ricinoléico, que lhe garante propriedades químicas atípicas (EMBRAPA, 2014).

Sabe-se, que a fração em peso de óleo contido em cada semente é cerca de 35 a 55 por cento, o que assegura um bom rendimento quando extraído (COSTA *et al*, 2004). A extração inicial pode ser feita por prensagem mecânica, onde é possível remover a maior parte do óleo contido nas sementes e, a retirada do óleo remanescente no bagaço pode ser feita através de solventes como heptano, hexano, éteres de petróleo (SARTORI *et al*, 2009). A toxina ricina - proteína presente na casca da semente - fica retida junto ao bagaço, deixando o óleo livre de toxicidade. (MAIA et al., 2010)

O biodiesel, torta e derivados são produtos e sub-produtos obtidos através do óleo da mamona (SAVY FILHO, 2005). A torta é aplicada na adubação orgânica e posteriormente, através da inativação de toxinas produz o farelo, utilizado como ração, isolados protéico que são fonte de proteína industrial e aminoácidos utilizados como suplementação de ração (SEVERINO, 2005).

Os derivados são muitos, dentre eles estão os lubrificantes, desengraxantes, detergentes, plasticizantes, nylon, poliuretano, óleo solúvel, etc. E através da transesterificação e/ou craqueamento do óleo também se obtém o biodiesel que é o produto principal requerido da mamona (BELTRÃO, VALE, COSTA, 2006).

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo extrair o óleo da mamona, avaliando o efeito da temperatura e tempo em contato direto com o solvente.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os procedimentos experimentais foram realizados no laboratório de Análise Instrumental da Unochapecó. Os ensaios foram realizados de acordo com o planejamento fatorial completo 2^2, em duplicata, tendo como variáveis, a temperatura e o tempo.

Foram efetuados ensaios com 140 g de bagas de mamona, onde secou-se a semente em uma estufa a aproximadamente 75 °C por um período de 30 minutos, sendo posteriormente, deixado resfriar até a temperatura ambiente, para subsequente determinação da massa. Repete-se este procedimento até massa constante. Para a extração do óleo bruto, 140 g de semente seca foram trituradas até homogeneização completa.

Os Erlenmeyer que acondicionavam as amostras foram preenchidos com 145 mL de solvente hexano P.A. (VETEC-SIGMA-ALDRICH), com uma concentração de 65%. Estas soluções foram acondicionas no banho termostático (TECNAL) na temperatura constante de 50 °C, pelo período de 2 h e 4 h, neste período ocorreu agitação moderada a cada 15 min. O mesmo procedimento foi realizado para temperatura constante de 25 °C, conforme a matriz do planejamento fatorial 2^2 apresentado na Tabela 01.

Ao final do tempo pré-estabelecido foi realizada a filtração simples, a fim de encaminhar, posteriormente, as amostras para o rota evaporador (FISATOM) no intuito de obter a completa evaporação do solvente. Subsequentemente, pesaram-se os frascos novamente para verificar se o solvente tinha sido totalmente evaporado. Os pesos obtidos foram utilizados nos cálculos decorrentes.

Os resultados do planejamento experimental foram avaliados com o Software Statistica7.0 (Statsoft®) com 95% de confiança.

Tabela 01: Matriz do planejamento fatorial 2^2 completo para a extração de óleo de mamona.

Ensaio	Tempo (h)	Temperatura (°C)
1	2 (-)	25 (-)
2	4(+)	25 (-)
3	2 (-)	50 (+)
4	4 (+)	50 (+)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos através da variação dos parâmetros temperatura e tempo de extração estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 02. Dados obtidos para o rendimento da extração do óleo com a variação do tempo e temperatura.

Ensaio	Rendimento (%)		Média (%)
1	6,37	6,05	6,21
2	41,93	44,15	43,04
3	7,80	7,48	7,14
4	13,95	18,47	16,21

Com os dados de rendimentos de cada ensaio verificou-se quais foram os parâmetros significativos no processo. A Tabela 03 apresenta o coeficiente de regressão, erro padrão, *t de student* e probabilidade para o planejamento fatorial 2^2.

Tabela 03. Coeficiente de regressão, erro padrão, *t de student*, probabilidade para o planejamento fatorial 2^2, obtidos através do Software Statistica7.0 (Statsoft®) com 95% de confiança.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	*t de student*	p-valor
Média	18,27	0,63	28,91	0,000009
(1) Tempo	22,7	1,26	17,96	0,00006
(2) Temperatura	-12,7	1,26	-10,05	0,00055
(1) By (2)	-14,13	1,26401	-11,17870	0,00036

De acordo com os resultados, verificou-se os dois parâmetros estudos, bem como a interação entre os parâmetros foram significativos. Assim para simplificação de estudos posteriores, pode-se desenvolver um modelo codificado, conforme a Equação 01.

Rendimento (%) = 18,275 +11,35t -6,35T – 7,065tT (01)

Onde: tempo (t) em horas, temperatura (T) em graus Celsius e interação entre tempo e temperatura (tT) com as mesmas unidades anteriores.

A Tabela 04 apresenta a Análise da Variância (ANOVA), na qual possibilita avaliar numericamente a qualidade do ajuste do modelo.

Tabela 04. Análise de variância (ANOVA) para estudo de extração de óleo por extração direta.

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade (GL)	Média Quadrática (MQ)	F Teste
Regressão – R	1752,47	3	584,16	182,81
Resíduo – r	12,78	4	3,19	
Total	1765,26	7		

Segundo Box e Wetz (1973), para uma regressão ser significativa não apenas estatisticamente, mas também ser útil para fins preditivos, o valor de F calculado para a regressão deve ser no mínimo quatro a cinco vezes maior que o valor de F tabelado.

Conforme a Tabela 04, o valor do F calculado é de 182,81 enquanto que o F tabelado é 6,59, sendo assim, o F calculado >> F tabelado, indicando que o modelo codificado é preditivo.

O experimento obteve um coeficiente de determinação (R^2) de 99,27% da variação total das respostas, ou seja, apresentou um erro de 0,7240% nos valores obtidos a partir da equação modelo.

A Figura 02 expõe o rendimento em função dos parâmetros, possibilitando a avaliação dos resultados obtidos de forma mais clara e objetiva.

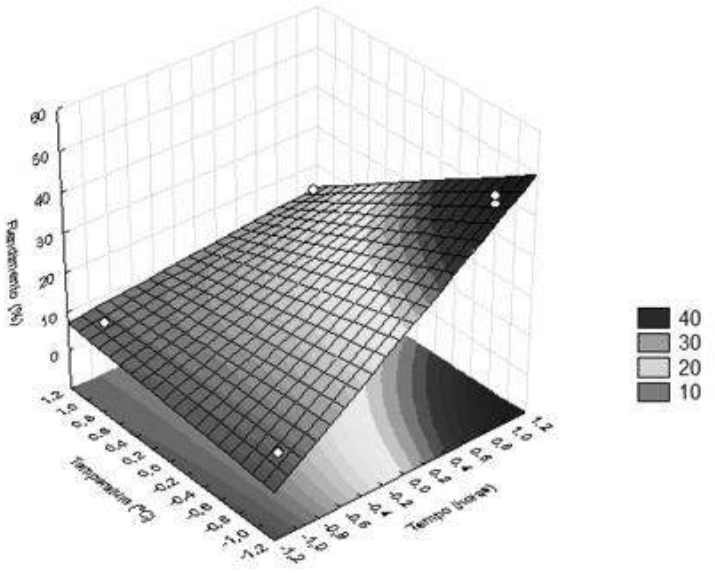


Figura 02. Comparação em 3D dos parâmetros avaliados na extração do óleo da Mamona.

Analisando a Figura 02, nota-se que o melhor resultado da extração ocorreu à temperatura ambiente de 25 ºC, sendo deixada a mamona em contato com o solvente pelo maior período de tempo, ou seja, 4 h.

Conforme apresenta Reis (2013), a influência de temperatura representa a solubilidade do óleo com o solvente, sendo que em maiores temperaturas, tem-se uma maior solubilidade e consequentemente maior extração, como o solvente utilizado foi o hexano que apresenta como temperatura de ebulição de 68,73ºC percebe-se que na temperatura maior, parte do solvente evaporou diminuído o rendimento da extração para temperaturas maiores. Nota-se ainda que a parte mais elevada do gráfico representa o maior rendimento obtido, sendo este de 43,04%.

Segundo dados encontrados por Costa *et al* (2004), em seu artigo sobre o efeito do óleo de mamona em composições de borracha natural contendo sílica, o teor de óleo nas sementes da mamona situa-se, entre 35% e 55%, sendo que o padrão comercial adotado é de 44%. Ao comparar o rendimento obtido experimentalmente com o da literatura observa-se que conseguiu-se extrair grande parte do óleo da semente da mamona nas condições descritas acima.

4. CONCLUSÃO

Neste estudo, a melhor condição experimental estabelecida foi a realizada a 25°C durante 4 horas, visto que o rendimento da mesma foi de 43,04%.

Observa-se que, a realização do experimento conforme o planejamento experimental, foi bem-sucedida, visto que, a quantidade extraída do óleo da mamona moída foi significativa.

Assim a equação encontrada pelo método descrito, pode ser utilizada em qualquer outro estudo da extração do óleo da mamona, que é cada vez mais utilizada na indústria pelo fator de baixo custo, sendo considerada matéria prima renovável com grandes propriedades químicas relevantes.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Unochapecó pela infraestrutura e incentivo oferecidos para esta pesquisa, bem como aos professores pela dedicação e entusiasmo em passar seus conhecimentos adiante.

6. REFERÊNCIAS

BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macêdo; VALE, Leandro Silva do; COSTA, Sany Guedes da., 2006. Bioenergia, Mamona e o Biodiesel no Brasil e no Mundo: Atualidades e Perspectivas. (Embrapa Algodão. Documentos, 158). Campina Grande, PB. 20 jul 2017 <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/2006/DOC158.pdf>.

BOX, G. E. P.; WETZ, J., 1973. Criteria for judging adequacy of estimation by an approximate response function. University of Wisconsin Technical Report, Madison, n. 9.

COSTA H. M. DA; RAMOS, V. D.; ABRANTES, T. A. S.; CASTRO, D. F. DE; VISCONTE, L. L. Y. NUNES, R. C. R.; FURTADO, C. R. G., 2004. Efeito do Óleo de Mamona em Composições de Borracha Natural Contendo Sílica. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 14, nº 1, p. 46-50. Rio de Janeiro-RJ.

EMBRAPA., 2014. Mamona. 25 jul 2017 <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/index.html>.

FONSECA, N. B. S.; SOTO-BLANCO, B., 2014. Toxicity of ricin present in castor bean seeds. Seminario: Ciências Agrárias, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1415-1424.

GARCIA-GONZALEZ, J. J.; BARTOLOMÉ-ZAVALA, B.; DEL MAR TRIGO-PÉREZ, M.; BARCELÓ- MUÑOZ, J. M.; FERNÁNDEZ-MELÉNDEZ, S.; NEGRO-CARRASCO, M. A.; CARMONA-BUENO, M. J.; VEGA-CHICOTE, J. M.; MUÑOZ-ROMÁN, C.; PALACIOS-PELÁEZ, R.; CABEZUDO-ARTERO, B.; MARTÍNEZ-QUESADA, J., 1999. Pollinosis to Ricinus communis (castor bean): an aerobiological, clinical and immunochemical study. Clinical and Experimental Allergy, Oxford, v. 29, n. 9, p. 1265-1275.

MAIA, M. O.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MEDEIROS, A. N.; COSTA, R. G.; BOMFIM, M. A. D.; FERNANDES, M. F., 2010. Consumo, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos de cabras mestiças Moxotó suplementadas com óleos de licuri ou mamona. Ciência Rural, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 149-155.

OLIVEIRA, I. P.; SANTOS, K. J. G.; BELTRÃO, N. E. M.; NEVES, B. P.; ARAÚJO, A. A.; OLIVEIRA, L. C., 2005. Potenciais da mamona (Ricinus communis) na região Centro-oeste brasileira. Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos, São Luis de Montes Belos, v. 1, n. 2, p. 104-130.

REIS, I. B. de A., 2013. Extração de óleo de mamona utilizando etanol em extrator semicontínuo. xii, 66 f., Il. Dissertação (Mestrado em Química)—Universidade de Brasília, Brasília. 01 ago 2017 <http://repositorio.unb.br/handle/10482/14632>.

SARTORI, M. A.; PEREZ, R.; SILVA JÚNIOR, A. G.; MACHADO, S. R. S.; SANTOS, M. M. de S.; MIRANDA, C. A. de C. 2009. Análise de arranjos para extração de óleos vegetais e suprimento de usina de biodiesel. Rev. Econ. Sociol. Rural, vol.47, no.2. Brasília. Apr./June.

SAVY FILHO, Angelo., 2005. Mamona: Tecnologia Agrícola. Campinas: EMOPI. 18 p.

SEVERINO, Liv Soares., 2005. O que sabemos sobre a torta de Mamona. EMBRAPA - Documentos 134. Campina Grande, PB. 30 jul 2017 http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/2005/DOC134.pdf>.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

IMOBILIZAÇÃO DA LIPASE CANDIDA ANTARCTICA B (CALB) EM SUPORTES INORGÂNICOS ANIÔNICOS DO TIPO HDL

Victor De Aguiar Pedott
Elen Angelina Menon
Elton Luis Hillesheim
Naionara Ariete Daronch
Marcelo Luís Mignoni
Universidade Regional Integrada – URI Campus Erechim
vpedott@yahoo.com.br
menonelen@gmail.com
hillesheim796@gmail.com
naioradaronch@hotmail.com
mignoni@uricer.edu.br

Resumo. *A lipase candida antarctica B (CALB) vem sendo estudada pois pode ser utilizada em vários processos industriais. Por causa disto novos métodos para aumentar a atividade e reutilização da enzima vêm sendo estudados. A imobilização enzimática em suportes aniônicos do tipo hidróxido duplos lamelares (HDL) é um método não muito utilizado atualmente na indústria para a esterificação, mas utiliza-lo como suporte para enzima pode aumentar suas propriedades catalíticas, estabilidade mecânica e também a possibilidade de reuso. Sendo a imobilização enzimática nesses suportes um dos objetivos do trabalho, analisamos os melhores parâmetros de imobilização, atividade de esterificação e estabilidade de armazenamento para esse suporte. A imobilização da lipase foi bem sucedida, e os testes de esterificação comprovaram que o uso de suportes aniônicos do tipo HDL aumentam a atividade enzimática através da ativação de sítios ativos da enzima, para a estocagem, o suporte imobilizado também mostrou um bom desempenho mantendo suas atividades residuais por um bom período de tempo. Tendo em vista os parâmetros estudados nesse trabalho, concluímos que os hidróxidos duplos lamelares tem grandes possibilidades de uso na indústria pois sua síntese e imobilização são relativamente fáceis e de baixo custo o que seria de grande interesse para processos industriais.*

Palavras-chave: *HDL, imobilização, lipase, suportes aniônicos, atividade enzimática*.

1. INTRODUÇÃO

As lipases podem ser produzidas por diversos micro-organismos, plantas e animais (Hidalgo e Bornscheuer, 2006). Assim como as outras enzimas, as lipases microbianas são mais utilizadas do que enzimas derivadas de plantas ou animais, são geralmente mais estáveis e versáteis devido à possibilidade de altos rendimentos, procedimentos mais simples de obtenção, à facilidade de manipulação genética e ao rápido crescimento dos micro-organismos em meios relativamente baratos (Hasan et al, 2006; Gandra et al., 2008; Barbosa et al., 2011).

Uma das lipases mais utilizadas é a Candida antarctica B (CALB), que tem a capacidade de tornar-se adsorvida em interfaces hidrofóbicas e atuar em substratos insolúveis. Tem ampla especificidade para substratos, alta atividade para várias reações sob condições brandas, resistência a solventes orgânicos, estabilidade térmica e atuação em uma faixa ampla de pH e elevada estéreo especificidade (Rodrigues et al., 2008; Deng et al., 2011).

Quando uma enzima é conhecida como sendo útil para uma determinada reação, a sua aplicação é muitas vezes limitada por sua falta de estabilidade a longo prazo, condições de processo, e também por dificuldades na sua recuperação e reutilização (Idris e Bukhari, 2012). A imobilização oferece algumas vantagens operacionais às enzimas solúveis, tais como a escolha do lote ou processos contínuos, término da reação, a formação de produtos controlados, sua fácil separação e adaptabilidade a diversos tipos de reatores (Adriano et al., 2005). A imobilização muitas vezes é a chave para melhorar o desempenho operacional da enzima em diferentes reações (Sheldon, 2007).

Há uma tendência no aumento da aplicação de enzimas imobilizadas que mantenham suas propriedades catalíticas e a possibilidade de torná-la reutilizável, o que implica na aceitação comercial destes catalisadores biológicos (Desimone et al., 2008; Bon et al., 2008).

As principais vantagens obtidas no processo de imobilização são: aumento das estabilidades térmica, mecânica e operacional, protegendo o sítio ativo da enzima da inativação; permite sua reutilização em outras etapas do processo, redução de custo operacional e fácil separação e recuperação da enzima do meio reacional, reduzindo custo e etapas de purificação do produto (Villeneuve et al., 2000; Dalla-vecchia et al., 2004).

A imobilização de enzimas é uma peça chave na preparação de biossensores, pois a enzima em sua forma livre pode se tornar inativa (Wang e Uchiyama, 2013a). As técnicas mais utilizadas para imobilização de enzimas são: adsorção física; adsorção química por ligação covalente; reticulação por ligação cruzada ou "cross-linking"; aprisionamento; encapsulamento; automontagem; etc (Mousty e Prévot, 2013a)

A adsorção é o método mais fácil para imobilização de enzimas, e pode ser classificada em física ou química. Na adsorção física o suporte e a enzima são mantidos unidos por interações de Van de Waals ou por interações eletrostáticas. Na adsorção química a interação se dá através da formação de uma ligação covalente (Wang e Uchiyama, 2013b; Zhao e Jiang, 2010).

Na literatura temos muitos exemplos de imobilização enzimática em suportes inorgânicos como: pela técnica sol-gel (Soares et al, 2004), imobilização em matérias tais como polietileno, polipropileno, celite, resina sintética, celulose, sefadex e etc (Balcão et al, 1996), o uso de gelificantes naturais como gelatina e agarose (Stamatis e Xanakis, 1999), microcápsulas (Dayli e Knorr, 1988) e etc. Esses são alguns exemplos de suportes para imobilização enzimática dentre os vários existentes, mas no geral, uso de suportes porosos é vantajoso porque a enzima é adsorvida no interior dos poros (Soares et al, 1999).

Os Hidróxidos duplos lamelares (HDL) são compostos que possuem estrutura similar a da hidrotalcita e na literatura são conhecidos como do tipo da hidrotalcita, ou do inglês "Hydrotalcite-like compounds". (Carrado, et al 1988).

A estrutura dos HDL, pode ser entendida a partir da estrutura do mineral brucita, $Mg(OH)_2$, que é constituído de camadas bidimensionais infinitas, e cada camada possui cátions Mg^{2+} coordenados octaédricamente por íons OH^-. Nesta estrutura as lamelas são empilhadas através de interações de Van de Walls e ligações de hidrogênio. Se nesta estrutura houvesse uma substituição de parte dos cátions Mg^{2+} por cátions Al^{3+} resultaria em uma carga residual positiva nas lamelas, que precisa ser balanceada por ânions entre as lamelas (Vacarri, 1999). Quando balanceada por ânions carbonato resultaria na estrutura da hidrotalcita, característica dos HDL. Entre as lamelas destes compostos há moléculas de água que interagem por ligação de hidrogênio com os íons hidroxila das lamelas e/ou com os ânions interlamelares (Braterman e Xu, 2009; Vacarri, 1999a).

É possível preparar uma grande variedade de HDL devido à possibilidade de combinação de diversos cátions e ânions; esses cátions bivalentes e trivalentes devem possuir raio iônico próximo ao raio do cátion Mg^{2+}, que podem ser acomodados em sítios octaédricos, formando camadas (Vacarri, 1999b).

Os HDL não são encontrados abundantemente na natureza, mas devido a grande possibilidade de combinações de cátions e ânions, uma variedade de HDL podem ser preparados em laboratório, com facilidade e custo relativamente baixo. Os cátions divalentes mais utilizados são por exemplo: Mg, Ni, Fe, Co, Cu, Zn, Ca, Mn; e os cátions trivalentes são: Al, Cr, Fe, Ni, Co, Sc e Ga (Crepaldi e Valim, 1998a). Estes cátions devem apresentar raios em uma faixa entre 0,5 a 0,74 Å e coordenação octaédrica. Os ânions mais utilizados para a preparação de HDL são os haletos (F^-, Cl^-, Br^-, I^-), os oxo-ânions (CO_3^{2-}, NO_3^-, SO_4^{2-}, CrO_4^{2-}, etc.), complexos de metais de transição aniônicos ($[NiCl^4]^{2-}$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$, etc.), ânions orgânicos (carboxilatos, porfirinas, alquil-sulfatos, etc.), polioxo-metalatos ($V_{10}O_2$-, Mo_7O_2-, etc.), polímeros aniônicos (PSS, PVS, etc) (Forano et al, 2006; Crepaldi e Valim, 1998b).

Devido à algumas propriedades que os HDL apresentam como por exemplo, sua alta capacidade de troca iônica, flexibilidade da composição química, elevada área superficial, propriedades de inchamento, solubilidade dependente do pH, caráter hidrofílico, etc, estes compostos se caracterizam como materiais atrativos para a imobilização de biomoléculas, proporcionando sua estabilização, sem se ligar covalentemente a enzima (Vial et al, 2006; Choy et al, 2006a). Devido à carga positiva das lamelas, os HDL podem interagir com diversas biomoléculas como por exemplo, DNA, vitaminas, nucleotídeos, enzimas, etc (Choy et al, 2006b).

Os biohíbridos formados entre as enzimas e os HDL e seus derivados, interagem por ligações de van der Waals e interações eletrostáticas, pois em pH acima do pI da enzima, existem interações eletrostáticas entre a enzima (carregada negativamente) e a superfície positiva dos HDL. Também, devido ao grande tamanho das enzimas, elas ficam localizadas na superfície externa dos HDL (Mousty e Prévot, 2013).

Este trabalho tem como objetivo a imobilização da lipase Candida antarctica B (CALB) pelo método da adsorção física em hidróxidos duplos lamelares (HDLs) do tipo Mg/Al tendo em vista o uso industrial.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

2.1 Sintese de hidróxidos duplos lamelares (HDL)

Existem diversos métodos que podem ser utilizados para a síntese de hidróxidos duplos lamelares. Os mais conhecidos são: coprecipitação ou método sal-base (podendo ser realizado a pH variável ou constante), método do sal-

óxido, síntese hidrotérmica, substituição do ânion interlamelar (a partir de um precursor previamente preparado), entre outros (Crepaldi e Valim, 1998).

Para a síntese da HDL Mg/Al tradicional, foi adotado o método da copreciptção a pH variável, no qual foram preparadas duas soluções, A e B. A solução A constituiu de uma mistura de 18,89 g de $Al(NO_3)_3.9H_2O$ e 25,65 g de $Mg(NO_3)_2.6H_2O$ em 71,7 g de H_2O destilada (relação Mg/Al = 2). Já para a solução B foram pesadas 14,11 g de Na_2CO_3, 10,10 g de NaOH e 113, 30 g de H_2O destilada.

A solução A foi adicionada a solução B lentamente por gotejamento sob agitação magnética constante a 78 ºC. Ocorreu a formação de um gel branco (pH = 10) que foi mantido em agitação por 18h. Após esse tempo o gel foi filtrado a vácuo e lavado com água destilada até pH 7 e seco em estufa a 80 ºC. Posteriormente o sólido foi submetido a análise de difração de raios X (DRX) (Rigaku X-ray diffracyometer).

2.2 Imobilização enziamatica em HDls

Para a imobilização da lipase em HDL foi necessária à retirada dos íons interlamelares existentes (OH^-/CO_3^{2-}), a retirada dos íons interlamelares foi feita através da calcinação do suporte, feito em mufla (Servilab N 1100) a 450 ºC por 16h, o que provocou a eliminação total dos íons interlamelares e a condensação de todas as lamelas da estrutura da HDL, Porém como visto por Vacarri (1999) HDLs do tipo Mg/Al e Zn/Al tem como propriedade o efeito memoria, que consegue reconstruir sua estrutura por contato do material com uma solução contendo um ânion.

A HDL calcinada (2g) foi colocada em 140 mL de uma solução 0,05M de Dodecil-sulfato de sódio (DDS-Na) juntamente com 1,2g de enzima em solução, deixada sob agitação magnética por 24h para a reconstituição da estrutura da HDL adotando o DDS-Na e a enzima como ânions interlamelares. Para uma melhor avaliação dos parâmetros de síntese, esse procedimento foi feito de duas formas: em meio inerte, na presença de argônio (Ar) e em meio não inerte.

Após deixar 24h em agitação a HDL foi retirada do meio reacional e filtrada a vácuo, para avaliar parâmetros de reação a filtragem também foi feita de dois modos, metade do produto obtido foi lavado, com água deionizada, até atingir pH 7 e a outra metade foi somente filtrada a vácuo, depois o conteúdo obtido foi seco em estufa com circulação de ar a 45 ºC.

2.3 Testes de atividade do derivado imobilizado

A atividade de esterificação da enzima imobilizada, foi quantificada através da reação de síntese do oleato de etila utilizando ácido oleico e álcool etílico na razão molar de 1:1 (mistura padrão), conforme descrito por Ficanha et al. (2015). A reação foi iniciada pela adição da enzima imobilizada ou livre (aproximadamente 0,1 g) em 5 mL da mistura padrão. A reação foi conduzida em béqueres de vidro fechados a 40 °C, em agitador orbital a 180 rpm, durante 40 minutos. Alíquotas de 0,5 ml foram retiradas do meio reacional em triplicata. A cada amostra foram adicionados 15 mL de uma solução de acetona-etanol (1:1) (v/v) a fim de parar a reação. A quantidade de ácido oleico consumido foi determinada por titulação com NaOH 0,05 M até o meio reacional atingir pH 11. Os ensaios dos brancos das amostras continham 0,5 ml da mistura padrão e 15 mL da solução de acetona-etanol.

Uma unidade de atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima que consome 1 µmol de ácido graxo por minuto, calculada pela Equação 1.

$$AE = \frac{(Vb - Va) \times M \times 1000 \times Vf}{t \times m \times Vc} \quad (1)$$

Onde: AE: Atividade de esterificação (U/g); Va: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra retirada após 40 minutos (mL); Vb: Volume de NaOH gasto na titulação da amostra do branco (mL); M: Molaridade da solução de NaOH; Vf : Volume final de meio reacional (mL); t: Tempo (minutos); m: Massa da solução enzimática ou do suporte utilizado (g); Vc: Volume da alíquota do meio reacional retirada para titulação (mL).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de difração de raios X

Para a confirmação da formação da HDL e da calcinação da mesma foi realizada uma análise de difração de raios X e os resultados obtidos comparados com a literatura. Os resultados das análises estão representados na Fig. 1.

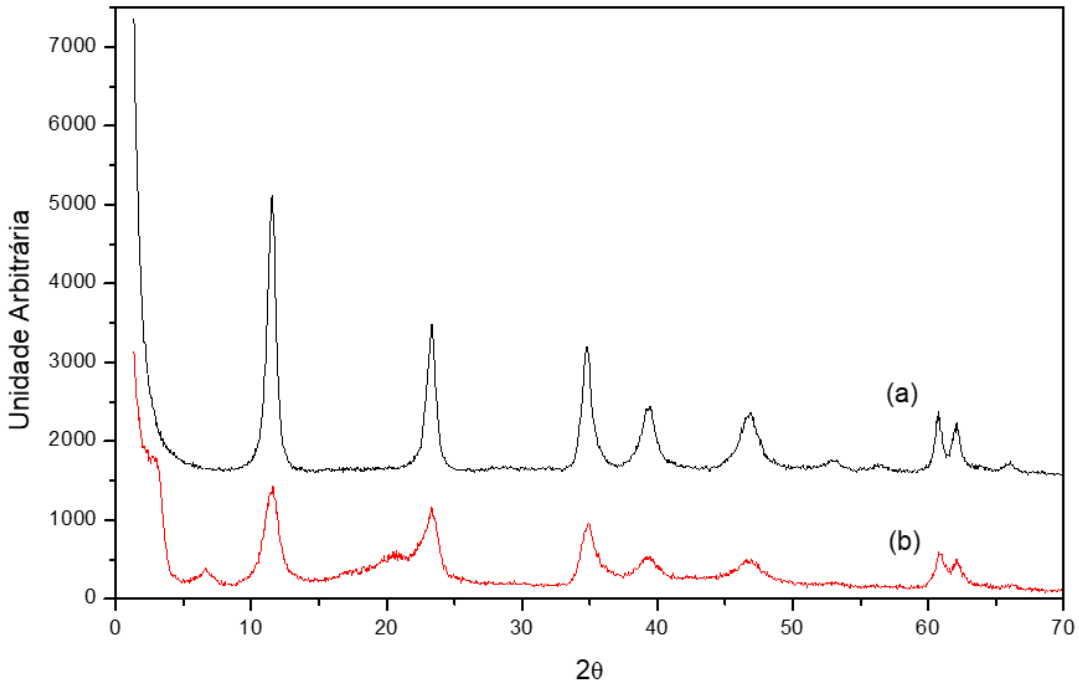


Figura 1: Analise de difração de raios X da HDL pura sintetizada (a) e imobilizada (b).

Os resultados obtidos nas difrações de raios X condizem com os resultados obtidos por Rodrigues et al (2007), confirmando a formação do material sintetizado. Também é possível observar que a imobilização não modificou a estrutura da HDL. Para todas as amostras (MIL, MInL, MnIL, MnInL) os DRX seguiram o mesmo padrão.

3.2 Media da atividade de esterificação

Para a confirmação da imobilização, testes de esterificação do ácido oleico foram realizados por titulação. Os resultados obtidos estão dispostos na Tab. 1.

Tabela 1: Resultados dos testes de esterificação com suportes feitos em meio inerte (MIL e MInL) e em meio não inerte (MnIL e MnInL) ambos também somente filtrados ou lavados

SUPORTE	AE (U/g) ± σ
HDL pura	90,81 ± 59,24
Enzima livre	316,48 ± 48,00
MIL	583,53 ± 75,12
MInL	389,65 ± 24,32
MnIL	465,95 ± 29,54
MnInL	486,67 ± 23,17

Observando a Tabela 1 é possível verificar que houve um aumento na atividade enzimática (AE) quando a enzima foi imobilizada nos suportes em comparação com a enzima livre, obtendo aumentos de 23% a 84%. A partir desses resultados podemos observar que o processo de imobilização em HDLs ativou sítios ativos da enzima, desta forma aumentando seu desempenho. O suporte puro também mostrou realizar esterificação o que de certo modo torna ainda melhor o uso do mesmo para esses processos.

3.3 Estabilidade de estocagem

A estabilidade de estocagem nos permite verificar quanto tempo o suporte imobilizado poderá ser armazenado e quanto de sua atividade enzimática inicial será mantida ao longo do período de estocagem. Após a comprovação da imobilização enzimática pelos testes de esterificação os suportes foram armazenados em refrigeração a uma temperatura de 4 ºC a 7 ºC. Até o presente momento os testes foram feitos até o 40º dia de estocagem e os resultados obtidos estão dispostos na fig. a seguir:

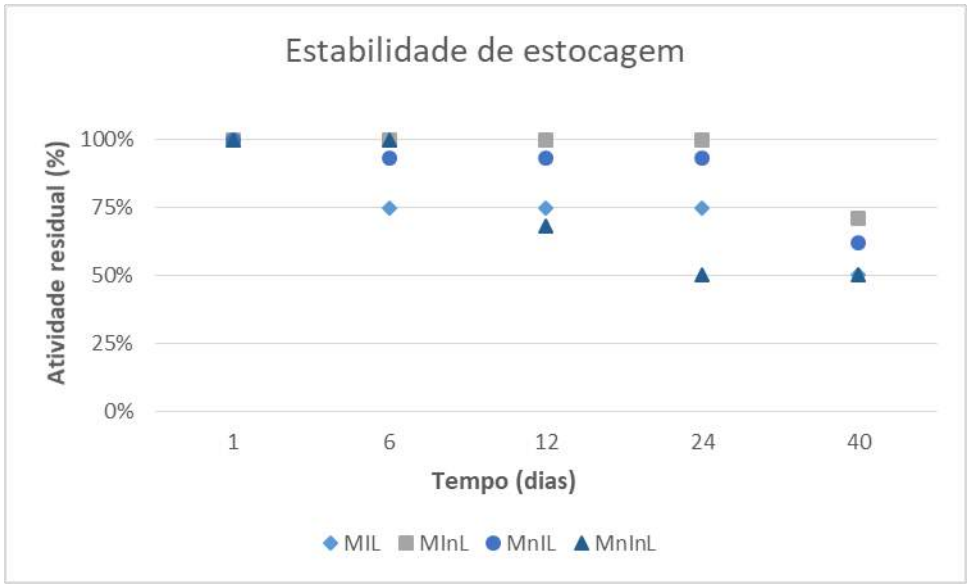


Figura 2: Atividade residual na estabilidade de estocagem em refrigeração da CALB imobilizada em HDLs

Podemos observar que o suporte se mostrou eficiente no primeiro mês de estocagem mantendo uma média de 80% na atividade na maioria dos casos. Houve um decaimento geral observado no 40º dia, porem ainda todos os derivados imobilizados apresentam atividade igual ou superior a 50% o que indica que ainda podem ser utilizados para reações posteriores. No entanto, mais testes serão feitos para comprovar a real estabilidade de estocagem do suporte.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos concluímos que a imobilização em hidróxidos duplos lamelares se mostrou eficaz, pois ativou sítios ativos na enzima, aumentando desta forma sua atividade, e proporcionou uma melhora na estabilidade de estocagem. Tendo em vista que a imobilização em HDLs tem um custo relativamente baixo, ela se mostra uma ótima alternativa para ser usada na indústria.

5. AGRADECIMENTOS

Capes, Fapergs, Cnpq e a URI-Erechim

6. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adriano, W. S.; Filho, E. H. C.; Silva, J. A.; Giordano, R. L. C.; Gonçalves, L. R. B., 2005. “Stabilization of Penicillin G acylase by immobilization on glutaraldehyde-activated chitosan.” Brazilian Journal of Chemical Engineering, v. 22, p. 529-538.

Balcão, V. M.; Paiva, A. L.; Malcata, F. X., 1996. “Enzyme Microb. Technol.” 18, 392.

Barbosa, O.; Ortiz, C.; Torres, r.; Fernandez-Lafuente, R., 2011. “Effect of the immobilization protocol on the properties of lipase B from Candida antarctica in organic media: Enantiospecifc production of atenolol acetate.” Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 71, p. 124-132.

Braterman, P. S., Xu, Z. P. (Gordon), 2009. “Layered Double Hydroxides: Self-Assembly and Multiple Phases.” Dekker Encycl. Nanosci. Nanotechnology, Second Ed. 1841.

Bon, E. P. S.; Maria, A.; Ferrera, M. A.; Corvo, M. L.; Vermelho, A. B.; Paiva, C. L. A.; Alencastro, R. B.; Coelho, R. R. R., 2008. “Enzimas em Biotecnologia: Produção, Aplicação e Mercado.” Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2008.

Carrado, K. A., Kostapapas, A., Suib, S. L., 1988. “Layered double hydroxides (LDHs).” Solid State Ionics 26, 77–86.

Choy, J., Park, M., Oh, J., 2006. “Bio-Nanohybrids Based on Layered Double Hydroxide.” 275–281.

Crepaldi, E. L., Valim, J. B., 1998. “Layered Double Hydroxides: Structure, Synthesis, Properties and Applications.” Quim. Nova 21, 300–311.

Dalla-Vecchia, R.; Nascimento, M. G.; Soldi, V., 2004. “Aplicações sintéticas de lipases imobilizadas em polímeros.” Química Nova, v. 27, p. 623-630.

Daly, M. M.; Knorr, D., 1988. “Biotechnol. Prog”. 1988, 4, 76

Deng, L.; Wang, X.; Nie, K.; Wang, F.; Liu, J.; Wang, P.; Tan, T., 2011. “Synthesis of wax esters by lipase-catalyzed esterification with immobilized lipase from Candida” sp. 99-125. Chinese Journal of Chemical Engineering, v. 19, n. 6, p. 978-982.

Desimone, M. F.; Matiacevich, S. B.; Buera, M. P.; Díaz, L. E., 2008. “Effects of relative humidity on enzyme activity immobilized in sol-gel-derived silica nanocomposites.” Enzyme and Microbial Technology, v. 42, p. 583-588.

Ficanha, A. M. M.; Nyari, N. L. D.; Levandoski, K.; Mignoni, M. L.; Dallago, R. M., 2015. “Estudo da imobilização de lipase em sílica obtida pela técnica sol-gel.” Química Nova, v. 38, p. 364-369.

Forano, C., Hibino, T., Leroux, F., Taviot-Guého, C., 2006. Chapter 13.1 “Layered Double Hydroxides.” Dev. Clay Sci. 1, 1021–1095.

Gandra, K. M.; Dek Bianchi, M.; Godoy, v. P.; Queiroz, f. P. C.; Steel, C. J., 20808. “Aplicação de lipase e monoglicerídeo em pão de forma enriquecido com fibras.” Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 28, p. 182-192, 2008.

Hasan, F.; Shah, A. A.; Hameed, A., 2006 “Industrial applications of microbial lipases. Enzyme and Microbial Technology”, v. 39, p. 235-251.

Hidalgo, A.; Bornscheuer, U. T., 2006. “Direct evolution of lipases and esterases for organic synthesis”, 1st ed. New York, CRC Press, Taylor and Francis.

Idris, A.; Bukhari, A., 2012. “Immobilized Candida antarctica lipase B: Hydration, stripping off and application in ring opening polyester synthesis.” Biotechnology Advances, v. 30, n. 3, p. 550-63.

Mousty, C., Prévot, V., 2013 Hybrid and biohybrid layered double hydroxides for electrochemical analysis. Anal. Bioanal. Chem. 405, 3513–3523.

Rodrigues, D.; Mendes, A.; Adriano, w.; Gonçalves, L.; Giordano, R., 2008. “Multipoint covalente immobilization of microbial lipase on chitosan and agarose activated by different methods.” Journal of Molecular Catalysis B: Enzimatic, v. 51, p. 100-109.

Sheldon, R. A., 2007. “Enzyme immobilization: the quest for optimum performance. Advanced Synthesis & Catalysis”, v. 349, p. 1289-1307.

Soares, C. M. F.; Santos, O. A.; de Castro, H. F.; Moraes, F. F.; Zanin, G. M., 2004. “Studies on lipase immobilization in hydrophobic sol-gel matrix.” Applied Biochemistry and Biotechnology, v. 113, p. 307-319.

Stamatis, H.; Xenakis, A.; J. Mol. Catal. B, 1999. “Enzym.” 6, 399.

Soares, C. M.; Castro, H. F.; Moraes, F. F.; Zanin, G. M., 1999. “Appl. Biochem. Biotechnol.” 77, 745.

Vaccari, A., 1999. Clays and catalysis: a promising future. Appl. Clay Sci. 14, 161–198.

Vial, S., Forano, C., Shan, D., Mousty, C., Barhoumi, H., Martelet, C., Jaffrezic, N., 2006. “Nanohybrid-layered double hydroxides / urease materials: Synthesis and applicationto urea biosensors.” Mater. Sci. Eng. 26, 387–393 (2006).

Villeneuve, P.; Muderhwa, J. M.; Graille, J.; Haas, M. J., 2000. “Customizing lipases for biocatalysis: a survey of chemical, physical molecular biological approaches.” Journal of Molecular Catalysis. B: Enzymatic, v. 9, p. 113-148, 2000.

Wang, X., Uchiyama, S., 2013 Polymers for Biosensors Construction.. State Art Biosens. - Gen. Asp. Chapter 3, 67-86.

Zhao, Z., Jiang, H., 2010. “Enzyme-based Electrochemical Biosensors.” Biosensors-Intech. 1–23.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

UTILIZAÇÃO DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X NA CARACTERIZAÇÃO DO HIDRÓXIDO DUPLO LAMELAR (HDL) Mg/Al E SEU EFEITO MEMÓRIA

Victor De Aguiar Pedott
Elton Luis Hillesheim
Marcelo Luís Mignoni
Universidade Regional Integrada – URI Campus Erechim
vpedott@yahoo.com.br
hillesheim796@gmail.com
mignoni@uricer.edu.br

Resumo. *Os hidróxidos duplos lamelares (HDLs) são compostos que possuem estrutura similar à da hidrotalcita, são chamados também de argilas aniônicas por interagir com outros materiais via diferença de carga, por causa disso, dispõem de várias propriedades, uma delas é o efeito memoria, este permite que HDLs do tipo Mg/Al, Zn-Cr e Zn-Al tenham suas estruturas regeneradas após serem submetidas a uma decomposição térmica como a calcinação em temperaturas na faixa de 400 a 800ºC. A análise de difração de raios X (DRX) é um bom método para observar como a HDL se comporta com o tempo quando submetida a ação da atmosfera para a regeneração de sua estrutura. As análises de DRX realizadas em tempos de 10 e 30 dias nos mostraram que os picos característicos da HDL estavam se regenerando gradativamente, após 30 dias exposta a ação da atmosfera a HDL chega no limite da sua regeneração, tendo sua estrutura similar a HDL primeiramente sintetizada.*

Palavras-chave: *DRX, efeito memória, HDL, regeneração, calcinação.*

1. INTRODUÇÃO

Os Hidróxidos Duplos Lamelares (HDLs) são alocados como pertencentes ao grupo de minerais referidos como "óxidos e hidróxidos não silicatos", uma vez que apresentam propriedades químicas e físicas similares à dos argilominerais, que fazem dos HDLs como tal (Newman, 1987). Os HDL são compostos que possuem estrutura similar a da hidrotalcita e na literatura são conhecidos como do tipo da hidrotalcita, ou do inglês "Hydrotalcite-like compounds". (Carrado, et al 1988).

A estrutura dos HDL, pode ser entendida a partir da estrutura do mineral brucita, $Mg(OH)_2$, que é constituído de camadas bidimensionais infinitas, e cada camada possui cátions Mg^{2+} coordenados octaédricamente por íons OH^-. Nesta estrutura as lamelas são empilhadas através de interações de Van de Walls e ligações de hidrogênio. Se nesta estrutura houvesse uma substituição de parte dos cátions Mg^{2+} por cátions Al^{3+} resultaria em uma carga residual positiva nas lamelas, que precisa ser balanceada por ânions entre as lamelas (Vaccari, 1999). Quando balanceada por ânions carbonato resultaria na estrutura da hidrotalcita, característica dos HDL. Entre as lamelas destes compostos há moléculas de água que interagem por ligação de hidrogênio com os íons hidroxila das lamelas e/ou com os ânions interlamelares (Braterman e Xu, 2009; Vaccari, 1999).

É possível preparar uma grande variedade de HDL devido à possibilidade de combinação de diversos cátions e ânions; esses cátions bivalentes e trivalentes devem possuir raio iônico próximo ao raio do cátion Mg^{2+}, que podem ser acomodados em sítios octaédricos, formando camadas (Vaccari, 1999).

Os HDL não são encontrados abundantemente na natureza, mas devido a grande possibilidade de combinações de cátions e ânions, uma variedade de HDL podem ser preparados em laboratório, com facilidade e custo relativamente baixo. Os cátions divalentes mais utilizados são por exemplo: Mg, Ni, Fe, Co, Cu, Zn, Ca, Mn; e os cátions trivalentes são: Al, Cr, Fe, Ni, Co, Sc e Ga (Crepaldi e Valim, 1998). Estes cátions devem apresentar raios em uma faixa entre 0,5 a 0,74 Å e coordenação octaédrica. Os ânions mais utilizados para a preparação de HDL são os haletos (F^-, Cl^-, Br^-, I^-), os oxo-ânions (CO_3^{2-}, NO_3^-, SO_4^{2-}, CrO_4^{2-}, etc.), complexos de metais de transição aniônicos ($[NiCl^4]^{2-}$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$, etc.), ânions orgânicos (carboxilatos, porfirinas, alquil-sulfatos, etc.), polioxo-metalatos ($V_{10}O_2$-, Mo_7O_2-, etc).

Alguns hidróxidos duplos lamelares apresentam uma propriedade denominada "efeito memória" (Batiani et al., 2004), que consiste na regeneração da estrutura inicial do material após ser submetido à decomposição térmica como a calcinação.

Os HDLs quando calcinados a uma temperatura próxima a 500ºC sofrem uma decomposição dos íons interlamelares e quase completa desidroxilação do material, ocorrendo a perda da estrutura lamelar. Decorrente deste

processo é formada uma solução sólida de um hidróxido-óxido duplo de M^{2+} e M^{3+} (Chibwe and Jones, 1989), um composto tipo periclásio. A Figura 1 ilustra a mudança estrutural ocorrida no processo de calcinação (Reis, 2009).

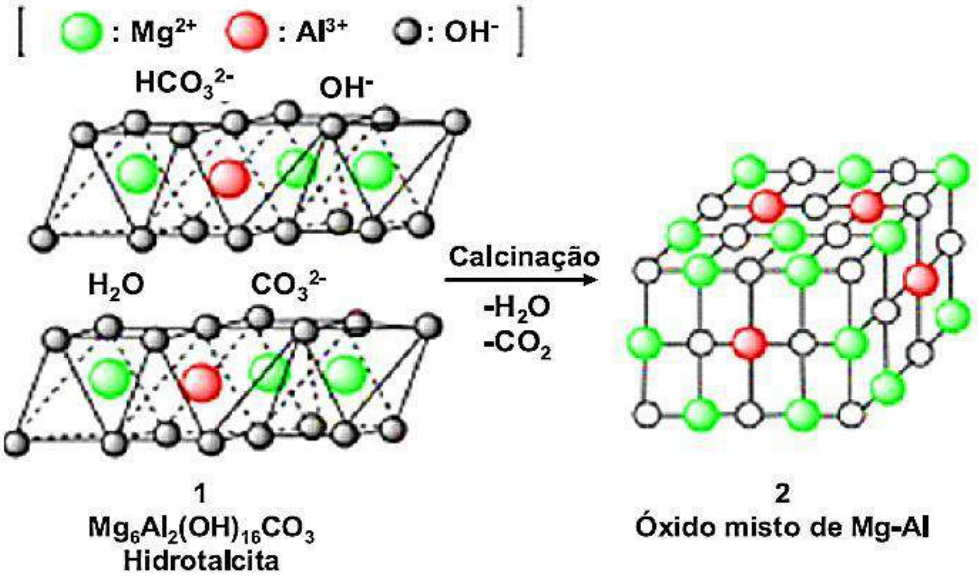


Figura 1: Estrutura antes da calcinação (1) e depois de calcinada (2). Adaptada de Reis (2009)

O simples contato do oxido formado com água ou a exposição a atmosfera pode fazer com a estrutura do oxido formado volte a sua forma original, porém para ocorrer a reconstrução da estrutura o oxido misto tem que ser bem formado (Stanimirova et al., 2004). A temperaturas muito altas (próximo a 1000ºC) ocorre a formação de um composto do tipo espinélio (Velu et al., 1999), que é estável a exposição a atmosfera porém neste estágio o efeito memória não ocorre.

A regeneração decorrente da exposição à atmosfera deve-se à adsorção de umidade e CO_2 do ar atmosférico (Rodrigues, 2007). Quando adicionado em água, o ânion carbonato é proveniente da dissolução do CO_2 atmosférico no solvente (Wang et al., 2007).

Os únicos sistemas de HDLs onde se é possível ocorrer o efeito memória são: Mg-Al, Zn-Cr e Zn-Al (Kooli et al., 1997; Wang et al., 2007), a regeneração da estrutura nesses HDLs ocorre pois suas estruturas tem alto padrão de cristalinidade.

Repetidos ciclos de calcinação-hidratação causam a diminuição da quantidade de M^{3+} nas camadas do tipo brucita, logo, a diminuição da carga superficial ocasiona a perda da possibilidade de intercalação do ânion no espaço interlamelar. Além disso, repetidos de calcinação/regeneração ocasiona a existência da fase do óxido misto, mesmo quanto o material é submetido "regeneração" (Hibino et al., 1998).

A propriedade de regeneração da estrutura lamelar está sendo utilizada para a síntese de vários tipos de materiais, pois devido a isso é possível a intercalação de aníons orgânicos e inorgânicos (Chibwe and Jones, 1989).

Este trabalho tem como objetivo a síntese e a avaliação da regeneração dos hidróxidos duplos lamelares do tipo Mg/Al quando expostos a atmosfera.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

2.1 Sintese de hidróxidos duplos lamelares (HDL)

Existem diversos métodos que podem ser utilizados para a síntese de hidróxidos duplos lamelares. Os mais conhecidos são: coprecipitação ou método sal-base (podendo ser realizado a pH variável ou constante), método do sal-óxido, síntese hidrotérmica, substituição do ânion interlamelar (a partir de um precursor previamente preparado), entre outros (Crepaldi e Valim, 1998).

Para a síntese da HDL Mg/Al tradicional, foi adotado o método da copreciptção a pH variável, no qual foram preparadas duas soluções, A e B. A solução A constituiu de uma mistura de 18,89 g de $Al(NO_3)_{3.9}H_2O$ e 25,65 g de $Mg(NO_3)_2.6H_2O$ em 71,7 g de H_2O destilada (relação Mg/Al = 2). Já para a solução B foram pesadas 14,11 g de Na_2CO_3, 10,10 g de NaOH e 113, 30 g de H_2O destilada.

A solução A foi adicionada a solução B lentamente por gotejamento sob agitação magnética constante a 78 ºC. Ocorreu a formação de um gel branco (pH = 10) que foi mantido em agitação por 18h. Após esse tempo o gel foi filtrado a vácuo e lavado com água destilada até pH 7 e seco em estufa a 80 ºC. Posteriormente o sólido foi submetido à análise de difração de raios X no equipamento/modelo Rigaku X-ray diffracyometer.

2.2 Processo de calcinação

Para a decomposição dos íons interlamelares existentes (OH^-/CO_3^{2-}), a HDL foi submetida ao processo de calcinação em mufla (Servilab N 1100) a 450 ºC por 16h, o que provocou a eliminação total dos íons interlamelares e a condensação de todas as lamelas da estrutura da HDL formando um oxido misto. Para a confirmação da calcinação, o material obtido foi mandado para análise de difração de raios X.

Após o termino do tempo de calcinação o material foi exposto à atmosfera para a análise do efeito memória.

2.3 Efeito memória

Para avaliação do efeito memória a HDL calcinada foi exposta a ação da atmosfera para desta maneira absorver os íons carbonato provenientes do CO_2 atmosférico, para deste modo ocorrer a reconstrução da estrutura da HDL Mg/Al inicialmente sintetizada.

A HDL calcinada foi deixada exposta a atmosfera por tempos de 10 e 30 dias para avalição da reconstrução da sua estrutura, também foram avaliados os seus espaços interlamelares após cada teste, para avaliar a influência da calcinação neste quesito, calculados pela lei de Bragg (Equação 1).

$$\lambda = 2 \times d \times sen\theta \quad (1)$$

Onde: λ: comprimento de onda do feixe de raios X do Cu (1,54 Å), d: espaçamento basal (Å), θ: ângulo de incidência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de difração de raios X

Para a confirmação da formação da HDL e da calcinação da mesma foi realizada uma análise de difração de raios X e os resultados obtidos comparados com a literatura. O resultados das análises estão representados nas Figuras 2 e 3.

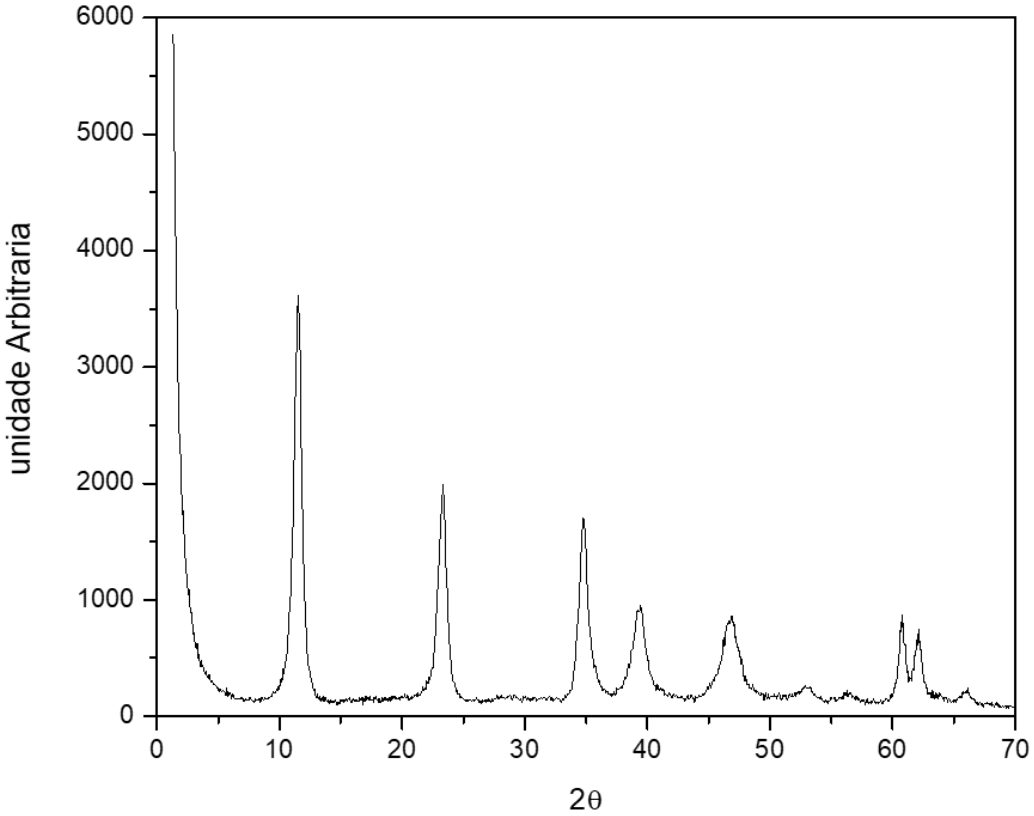


Figura 2: Analise de difração de raios X da HDL pura sintetizada.

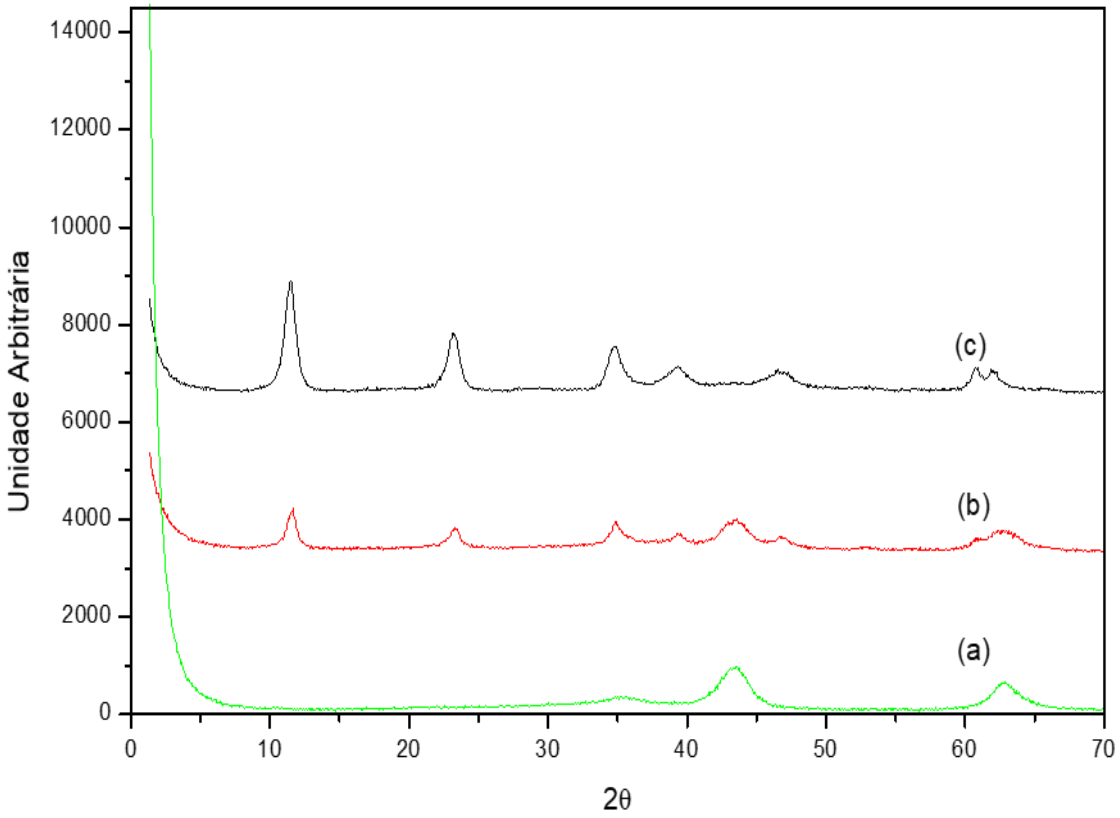


Figura 3: Análise de difração de raios X da HDL calcinada (a), exposta por 10 dias (b) e exposta por 30 dias (c).

Os resultados obtidos nas difrações de raios X confirmam a formação do material sintetizado e a ação do tempo em relação à regeneração da estrutura, obtendo, após 30 dias o material sintetizado inicialmente, porém com picos de cristalinidade menor intensidade, possivelmente correspondendo a uma menor taxa de cristalinidade.

3.2 Avaliação da exposição a atmosfera

Para avaliação da exposição foram feitas análises de DRX da HDL de 10 e 30 dias após ser colocada em exposição a atmosfera como mostrado na Figura 3. A partir deste dados é possível comprovar que o tempo é um fator importante em relação ao efeito memória, pois com apenas 10 dias de exposição a estrutura da HDL calcinada já havia sofrido uma pequena modificação mas nada muito significativo, já 30 dias após a exposição a estrutura da HDL estava regenerada, porém com uma menor intensidade em seus picos.

Já em comparação a modificação na estrutura, não ocorreu nenhuma, pois os espaçamentos basais, tanto da HDL inicialmente sintetizada e dela regenerada obtiveram o mesmo resultado que foi em torno de 0,77Å, comprovando assim que a regeneração não modifica a estrutura.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o efeito memória pode ser analisado através da análise de difração de raios x (DRX). Onde através destas podemos observar a diferença nos picos com o passar do tempo. Também conclui-se que o tempo é uma fator muito importante para a regeneração da estrutura da HDL pois somente após 30 dias é possível observar a formação de picos de maior intensidade quando comparado com a amostra de 10 dias exposta a atmosfera, porem, menos intensa que os picos apresentados pela estrutura da HDL inicialmente sintetizada.

5. AGRADECIMENTOS

Capes, Fapergs, Cnpq e a URI-Erechim

6. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Batiani, R.; Zonno, I.V.; Santos, I.A.V.; Henriques, C.A. Monteiro, L.F. 2004. “Brazilian Journal of Chemmical Engineering,” n. 21, v. 2, pág. 193.

Braterman, P. S., Xu, Z. P. (Gordon), 2009. “Layered Double Hydroxides: Self-Assembly and Multiple Phases.” Dekker Encycl. Nanosci. Nanotechnology, Second Ed. 1841.

Carrado, K. A., Kostapapas, A., Suib, S. L., 1988. “Layered double hydroxides (LDHs).” Solid State Ionics 26, 77–86.

Chibwe, K.; Jones, W. J. 1989. “Chem. Soc., Chem. Commun,” pág. 926.

Crepaldi, E. L., Valim, J. B., 1998. “Layered Double Hydroxides: Structure, Synthesis, Properties and Applications.” Quim. Nova 21, 300–311.

Hibino, T., Tsunashima, A. 1998. “Chemistry of Materials,” n. 10, pág. 4055, 1998.

Kooli, F.; Depege, C.; Ennaqadi, A.; De Roy, A.; Besse, J.P., 1997 “Clays and ClayMinerals”, n. 45, pág. 92.

Newman, A.C.D. 1987. “Chemistry of Clays and Clays Minerals.” Wiley-Interscience: New York.

Reis, M. J. 2009. “Síntese e Caracterização de Hidróxidos Duplos Lamelares Preparados na Presença de Polímeros Orgânicos ou com Macromoléculas Intercaladas,” Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

Rodrigues, J.C. Síntese, Caracterização e Aplicações de Argilas Ânionicas do Tipo Hidrotalcita, Dissertação De Mestrado, Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

Stanimirova, T.; Piperov, N.; Petrova, N.; Kirov, G. 2004. “Clay Minerals,” n. 39, pág.177.

Vaccari, A., 1999. Clays and catalysis: a promising future. Appl. Clay Sci. 14, 161–198.

Velu, S.; Suzuki, K.; Okasaki, M.; Osaki, T.; Tomura, S.; Ohashi, F. 1999. “Chem. Mater.”, n. 11, v. 8, pág. 2163.

Wang, H.; Chen, J.; Cai, Y.; Ji, J.; Liu, L.; Teng, H.H. 2007. “Applied Clay Science,” n. 35, pág. 59.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluso neste trabalho.

CONIGTI
3rd International Congress of Management, Technology and Innovation
October 02-08, 2017 | Erechim, RS, Brazil
URI ERECHIM

ELETROCOAGULAÇÃO E ELETRO-FENTON APLICADOS AO TRATAMENTO DE EFLUENTE GERADO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL PARA REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

Vinícios Diego Adam*
E-mail: viny-1996@hotmail.com

Rubia Mores*
E-mail: rubiamores@yahoo.com.br

Guilherme Felipe Flores Figueiredo*
E-mail: guifigueredo1@hotrmail.com

Gustavo Ceni*
E-mail: eaceni@hotmail.com

Verônica Baldon Fusinato*
E-mail: verobaldon@gmail.com

Luciana Dornelles Venquiaruto*
E-mail: venquiaruto@uricer.edu.br

Rogério Marcos Dallago*
E-mail: dallago@uricer.edu.br

*Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões, Avenida Sete de Setembro, 1621, Caixa Postal: 743, CEP: 99709-910 - Erechim-RS, Brasil

Resumo: *O consumo e produção de biodiesel ao longo dos últimos anos vem apresentando um crescimento exponencial devido a algumas vantagens que o mesmo oferece em relação a outros combustíveis. Ele é produzido através de uma reação de transesterificação de um ácido graxo com metanol, gerando como subproduto a glicerina. Durante a etapa de produção, é gerada uma quantidade de efluentes muito elevada com características específicas, principalmente em relação à matéria orgânica, que dificultam o seu tratamento por métodos convencionais. Em virtude disso, o presente estudo avaliou o potencial do emprego de dois processos eletroquímicos combinados, eletrocoagulação e eletro-fenton, para remoção da matéria orgânica. Os resultados obtidos foram satisfatórios, obtendo remoções de mais de 43% de COT. Resultados que podem ser aperfeiçoados com a otimização do processo.*

Palavras-chave: *Biodiesel, efluente, eletrocoagulação, eletro-fenton.*

1. INTRODUÇÃO

O Biodiesel é um combustível alternativo produzido de recursos renováveis. Embora não possua o poder energético do diesel oriundo do petróleo, pode ser adicionado a ele formando uma mistura. É simples de ser usado, biodegradável, sendo essencialmente livre de compostos sulfurados e aromáticos, que causam severos danos ao ambiente (Parente, 2003).

O biodiesel consumido no Brasil, geralmente, é obtido por transesterificação alcalina homogênea onde se recorre à etapa de purificação com separação da glicerina formada como subproduto, seguida de lavagem com solução ácida, para retirada de resíduos de óleo não reagido, do catalisador e álcool, e finalmente algumas lavagens com água para a retirada de resquícios de resíduos ainda presentes no biodiesel. Essa água pós-lavagem contém uma quantidade elevada desses resíduos, portanto, deve ser tratada antes do reuso ou descarte (Elickeret al., 2015).

Segundo Suehara et. al., 2005, a alta carga orgânica impossibilita o tratamento biológico pela falta de nutrientes necessários para metabolização, tendo apenas o carbono como fonte nutritiva, necessitando-se então, um procedimento capaz de atender essa demanda, como os processos físico-químicos.

Dentre as tecnologias de tratamento, a eletrocoagulação vem recebendo destaque devido a sua eficiência e facilidade de manuseio e preparação (Daud, 2017). Segundo Neves, 2011, o tratamento de efluentes por processos eletroquímicos baseiam-se em reações de oxidação, que ocorrem no ânodo e as reações de redução que ocorrem no cátodo. A eletrocoagulação ocorre quando os eletrodos são ligados aos pólos positivos e negativos de uma fonte de energia elétrica (célula voltaica) de corrente contínua.

Entretanto, esse processo não demonstra eficiência para a remoção da carga orgânica quando esta não é passível de floculação, como por exemplo, a glicerina presente no referido efluente, havendo a necessidade de outro método de tratamento posterior para suprir esse problema. Neste contexto, destacam-se os processos de oxidação avançados eletroquímicos, que consistem em técnicas baseadas na transferência de elétrons, sendo uma forma limpa de energia e eficiente na degradação de poluentes orgânicos. Neste processo ocorre a produção "*in situ"* do radical hidroxila (HO●) o qual degrada uma grande variedade de compostos. No processo eletroquímico a degradação de um poluente pode ocorrer diretamente (processo de oxidação anódica) ou indiretamente (processo eletro-Fenton) (Thanapimmetha, 2017).

No processo eletro-fenton (EF) a degradação do poluente ocorre por meio da formação de um agente oxidante *in-situ* que pode migrar da superfície do eletrodo e reagir no meio da solução. Neste método de eletro-oxidação indireta, os radicais hidroxila (HO●) são gerados na reação Fenton eletroquimicamente assistida através do reagente de Fenton (mistura de H_2O_2 e íons ferrosos) em meio homogêneo (Brillas et al., 2009).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência da remoção da carga orgânica do efluente da indústria de biodiesel, através da utilização dos processos de eletrocoagução e eletro-fenton. A resposta acompanhada foi o teor de carbono orgânico total (COT) presente no efluente bruto e após tratamento.

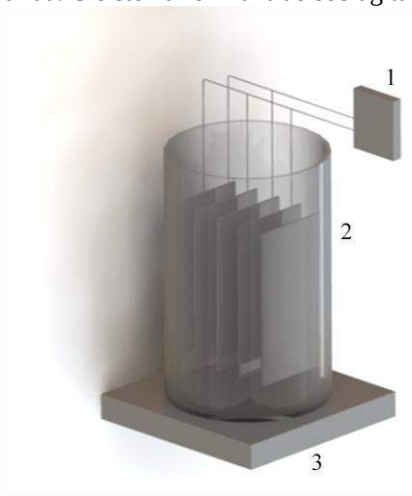
2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Efluente

O efluente empregado neste estudo foi gentilmente cedido por uma empresa local do segmento de biodiesel.

2.2 Eletrocoagulação

Para o ensaio de eletrocoagulação, foi utilizado um reator eletrolítico em modo batelada com capacidade para 3 litros,com dois pares de eletrodos de ferro inseridos verticalmente no reator, conectados com fios de cobre a uma fonte de corrente contínua. O sistema foi mantido sob agitação, com o auxilio de um agitador magnético (Figura 1).



1 – Fonte de corrente contínua;
2 – Reator eletroquímico em batelada;
3 – Agitador magnético.

Figura 1. Aparato Experimental

As condições operacionais empregadas neste estudo foram; densidade de corrente de 3A, pH inicial 7 ajustado com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1M e distância entre os eletrodos de 2cm.

A utilização desta etapa preliminar de eletrocoagulação foi realizada para remoção de sólidos suspensos, afim de facilitar o processo posterior de eletro-oxidação.

2.3 Eletro-fenton

O volume de efluente líquido pré-tratado empregado no ensaio de eletro-fenton foi de 1 litro. Neste ensaio, utilizaram-se dois pares de eletrodos diferentes, sendo dois de ferro (ânodo) e dois de Ti/Ru_2 DSA®(cátodo) para a realização do processo oxidativo. O pH inicial foi ajustado para 3 e mantido nesta faixa durante o processo com uma solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,1M.

Durante o eletro-fenton adicionou-se 5mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a cada cinco minutos, totalizando a adição de 80 mL de peróxido durante a realização do ensaio, o qual durou 80 minutos. A densidade de corrente utilizada foi de 1A e a distância entre os eletrodos de 2cm.

2.4 Determinações analíticas

A eficiência do processo foi avaliada em relação à evolução da remoção do carbono orgânico total (COT). Foram retiradas alíquotas com um intervalo de 10 minutos durante o processo de eletrocoagulação e de 15 minutos no processo de eletro-fenton. As amostras foram analisadas no analisador de COT (SHIMADZU, TOC- TOC-VCSH). O teor de COT foi determinado pela diferença entre as concentrações de carbono total e carbono inorgânico e os resultados foram expressos em $mg.L^{-1}$.

2.5 Teste de determinação da carbonila

Em um tudo de ensaio, adicionaram-se4 gotas da amostra com 1 ml do reagente 2,4 – dinitrofenilhidrazina e homogeneizou-se. A presença de grupos carbonila (-C=O) é indicada pelo aparecimento de um precipitado, 2,4-dinitrofenilhidrazona.

2.6 Teste de determinação de aldeídos (Reação com base de SCHIFF)

Em um tudo de ensaio, adicionou-se5 gotas de amostra com3 gotas do reagente de Schiff e homogeneizou-se. A presença de grupos aldeídos (-COH) é indicada pelo aparecimento de uma coloração que varia do purpura ao violáceo. Uma coloração rósea indica teste negativo.

3. RESULTADOS

A evolução do teor de COT durante os ensaios de eletrocoagulação e eletro-fenton são apresentados na Figura 2.

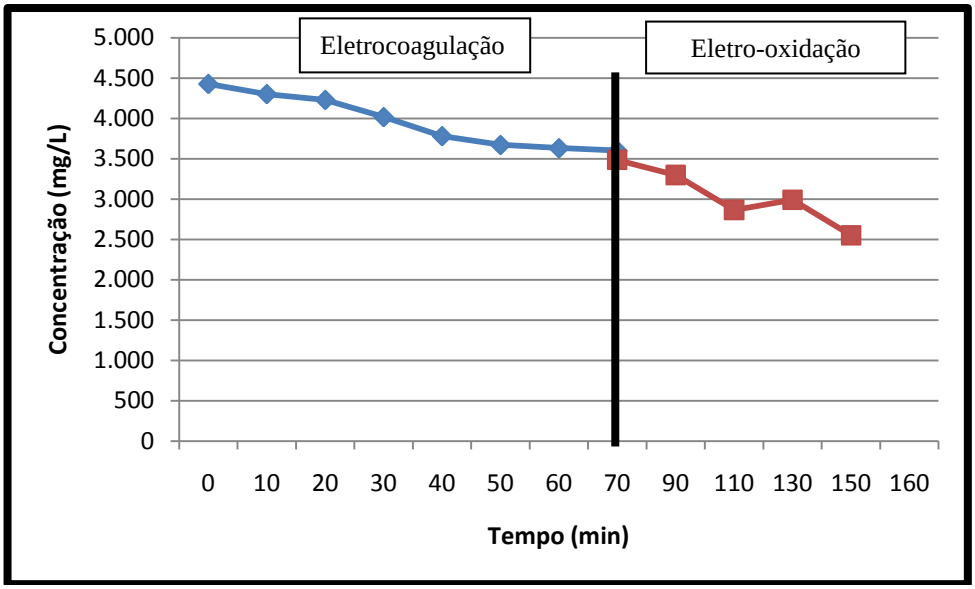


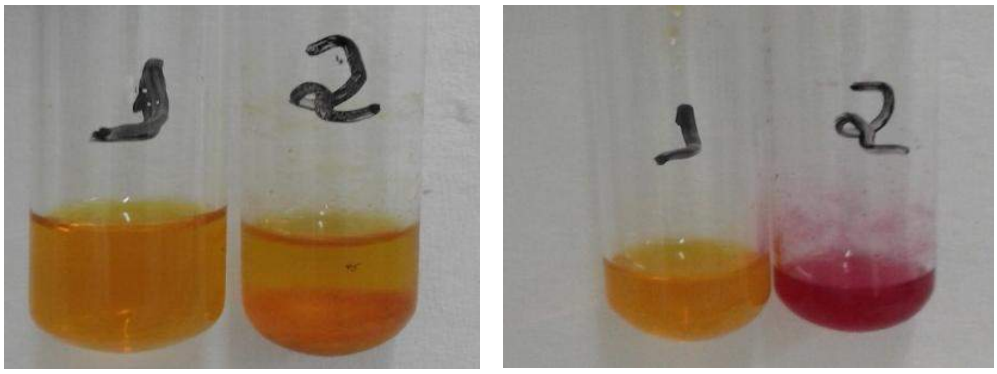
Figura 2. Eficiência de remoção de COT

Para o ensaio de eletrocoagulação observa-se uma redução no teor de COT presente no efluente até os 40 minutos reacionais, permanecendo estável neste patamar durante o restante do ensaio, ou seja, até 70 minutos reacionais. O processo de eletrocoagulação, proporcionou uma redução no teor de COT de 4.525 para 3.600 mg/L, o qual representa uma remoção de aproximadamente 18%. Cabe salientar que este carbono orgânico removido esta vinculado ao material orgânico floculável. A elevada quantidade de COT presente após o processo de eletrocoagulação é um indicativo da presença de grandes quantidades de glicerina, composto que se caracteriza, devido a sua elevada polaridade, pela dificuldade de agregação quando do emprego de processos convencionais, baseados na coagulação química.

Estes resultados justificam a necessidade do emprego de processos combinados para o tratamento deste tipo efluente. Como etapa complementar foi realizado o ensaio eletro-fenton, cujos resultados também são apresentados na figura 2.

O ensaio eletro-fenton foi realizado por 80 minutos, transcritos na figura 2 entre 70 e 150 minutos. Os resultados demonstram uma remoção continua do COT durante todo o período da realização do ensaio, apresentando uma remoção do COT de 3.600 para 2.500 mg/L, o qual corresponde a uma remoção de aproximadamente 30%. Num contexto geral, a associação dos dois processos proporcionou uma remoção de COT de 43%.

Esta remoção foi vinculada ao caráter oxidativo do processo empregado, cuja manifestação pode ser visualizada qualitativamente através de ensaios de identificação da presença de grupos carbonila e aldeídos, os quais deram positivo para o efluente tratado e negativo para o efluente bruto (Figura 3).



(a) **(b)**

Figura 3. Teste para identificação de (a) grupos carbonila e (b) grupos aldeído. 1) Efluente Bruto e 2) Efluente tratado eletroquimicamente na presença de peróxido de hidrogênio.

A presença de grupos carbonila (Figura 3.a.2) e aldeído (Figura 3.b.2) no efluente tratado, e ausentes no efluente pré-tratado, indica que o processo oxidativo está ocorrendo. Quimicamente a evolução da oxidação tende a gerar alcoóis, cetonas, aldeídos e ácidos carboxílicos.

Cabe salientar que após 70 minutos do processo de eletro-fenton, a temperatura do meio reacional passou a aumentar de modo que a 100 minutos tornou-se necessário o encerramento do processo. Este fator pode estar relacionado às características exotérmicas do processo oxidativo.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a utilização de ambos os processos (eletrocoagulação e eletro-oxidação) combinados, foram satisfatórios em relação à remoção da matéria orgânica presente no efluente. Como alternativa para futuros trabalhos, cabe a otimização do processo em relação à quantidade de peróxido a ser adicionado, a utilização de outro reagente auxiliar no processo oxidativo, a variação da densidade de corrente, a distância entre os eletrodos e o material dos eletrodos utilizados.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URI – Erechim por toda infra-estrutura disponibilizada, a empresa que disponibilizou o efluente e a De Nora do Brasil pela doação dos eletrodos.

6. REFERÊNCIAS

Brillas, E.; Sires, I.; Oturan, M. A. Electro-Fento process and related electrochemical technologies based on Fenton's reaction chemistry.*Chemical Reviews*,v. 109, p. 6570-6631, 2009.

Elicker, C.; Flores, C. P.; Santos, M. A. Z.; Colepicolo, P.; Pereira, C. M. P. Estudo da utilização da biomassa de cianobactérias como matéria-prima para a síntese de biodiesel através da reação de esterificação *in situ*. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 6, p. 2497-2508, 2015.

Kusic, H.; Koprivanac, N. Treatment of simulated industrial wastewater byphoto-Fenton process. Part I: The optimization of process parameters using design of experiments (DOE). *Chemical Engineering Journal*, v. 173, p. 267-279, 2011.

Neves, T. de A. *Tratamento físico-químico dos efluentes líquidos da produção de biodiesel metílico em regime de funcionamento contínuo e batelada*. Tese de pós-graduação em engenharia de edificações e ambiental. Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2011.

Parente, E. J. de S. *Biodiesel: uma aventura tecnológica num pais engraçado*. Fortaleza: tecbio, 68 p, 2003.

Suehara, K; Kawamoto, Y; Fujii, E; Kohda, J; Yano T.Biologic al treatment of wastewater discharged from biodiesel fuel production plant withalkali-catalyzed transesterification. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v. 100, n. 4, p. 437-442, 2005.

Thanapimmetha, A.; Srinophakun, P.; Amat, S.; Saisriyoot, M. .Decolorization of Molasses-Based Distillery Wastewater by Means of Pulse Electro-Fenton Process. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 5, p. 2305-2312, 2017.

7. AVISO DE RESPONSABILIDADE

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