



UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO
ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM



VII MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E
TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS

ANAIIS

28 de novembro de 2018



-
- M916a Mostra de Trabalhos Científicos e Tecnológicos das Engenharias (7. : 2018 : Erechim, RS)
Anais da [recurso eletrônico] : VII Mostra de Trabalhos Científicos e Tecnológicos
das Engenharias. – 2018.
1 recurso online.
ISBN 978-85-7892-157-6
Modo de acesso:
http://www.uricer.edu.br/site/informacao.php?menu_superior_adicional=18
Mostra de Trabalhos Científicos e Tecnológicos das Engenharias (acesso em:
20 nov. 2018)

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

Organização: Arthur Bortolin Beskow

1. Engenharias 2. Pesquisa científica 3. Construção do conhecimento I. Título

C.D.U. : 62(063)

Catlogação na fonte: bibliotecária Sandra Milbrath CRB 1012/78



COMISSÃO ORGANIZADORA

Arthur Bortolin Beskow

COMISSÃO CIENTÍFICA

Arthur Bortolin Beskow
Cássio Luciano Baratieri
Jessie Carvalho Bruhn
Suelen Cristina Vanzetto



TRABALHOS

ENGENHARIA CIVIL			
1	ALAN VARGAS ALESSANDRO EMILIO VALMORBIDA	ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O USO DE ESTRUTURA METÁLICA E DE CONCRETO ARMADO PARA UMA EDIFICAÇÃO DO TIPO INDUSTRIAL	12
2	ALESSANDRA ZALESKI SUELEN CRISTINA VANZETTO	AVALIAÇÃO DO USO DE CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM PAREDES DE CONCRETO AUTO ADENSÁVEL	18
3	ALIAN ROGES PAESE	CONCEPÇÃO ESTRUTURAL VISANDO A ECONOMIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM MEZANINO: COMPARAÇÃO ENTRE ESTRUTURA METÁLICA E CONCRETO ARMADO	24
4	ANTONIO AUGUSTO TONIOLO	EXECUÇÃO DE VIGAS E LAJES: ANÁLISE DE RECEBIMENTO, LANÇAMENTO E ADENSAMENTO DE CONCRETO DOSADO EM CENTRAL, EM OBRAS RESIDENCIAIS DE ERECHIM-RS	29
5	CARMEN RADESKI SUELEN CRISTINA VANZETTO	REVESTIMENTO DE FUNDO PARA ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS.	35
6	DRIELLY PEREIRA MENOSSO BEATRIZ SCHIMELFENIG MARIANA Z. UCCHI VARGAS	PAREDES DE CONCRETO – ANÁLISE DO USO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR (CBCA) EM CONCRETOS AUTOADENSÁVEIS (CAA)	41
7	ELIZANDRA PIRES DE MATOS NEIVA ISABEL BARBIERI SILVEIRA	AVALIAÇÃO DA FADIGA NAS ARMADURAS E NO CONCRETO E DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO EM PONTES DE CONCRETO ARMADO COM DUAS LONGARINAS RETAS	47
8	ELOISE GUZZO GILSON FRANCISCO PAZ SOARES	COMPARAÇÃO ENTRE O DESEMPENHO DA ARGAMASSA COM AREIA INDUSTRIAL E COM AREIA NATURAL NO ASSENTAMENTO DE BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS	52
9	EMERSON PORTIGLIOTTI FABIANO DA SILVA JORGE	ESTUDO PARA REQUALIFICAÇÃO DA PISTA DO AEROPORTO COMANDANTE KRAEMER DE ERECHIM / RS PARA VOOS COMERCIAIS COM AVIÕES MODELO BOEING 737-700.	58
10	EVERTON LOREGIAN TAINÃ ZANELLA ABRÃO PEDRO VITOR PARMIGIANI GIOVANI JORDI BRUSCHI VINÍCIUS ANDRÉ TOCHETTO SUELEN CRISTINA VANZETTO	APLICABILIDADE DO REJEITO DE MINERAÇÃO COMO AGREGADO MIÚDO NA FABRICAÇÃO DO CONCRETO	63
11	EVERTON LOREGIAN CRISTIANO ZORDAN CHIOCHETTA LUÍS FELIPE FOSCARINI	AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE DO REVESTIMENTO EXTERNO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO ATRAVÉS DO MÉTODO DO CACHIMBO	67

**VII MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS**

28 de novembro de 2018

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM
Engenharias



12	FRANCESCA PORTELLA SUELEN CRISTINA VANZETTO	MONITORAMENTO GEOTÉCNICO EM ATERROS SANITÁRIOS	73
13	FRANCINE PADILHA CRISTINA VITORINO DA SILVA	ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO (NTC) NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DE DURABILIDADE EM CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA	77
14	GIOVANI JORDI BRUSCHI SUELEN CRISTINA VANZETTO	SOLOS MELHORADOS: UM ESTUDO ACERCA DE MISTURAS SOLO-CIMENTO COM FOCO NA RIGIDEZ, RESISTÊNCIA E DURABILIDADE	83
15	GIOVANI JORDI BRUSCHIÉVERTON LOREGIANTAINÃ ZANELLA ABRÃO VINÍCIUS ANDRÉ TOCHETTO PEDRO VITOR PARMIGIANI JOÃO VITOR ORSO SUELEN CRISTINA VANZETTO	DECOMPONDO OBSTÁCULOS: UMA PERSPECTIVA NA SELEÇÃO DE LOCAIS PARA BARRAGENS DE REJEITOS	89
16	GUSTAVO CALZA GABRIEL DALLA VECHIA SUELEN CRISTINA VANZETTO	AVALIAÇÃO DE ARGAMASSA AUTONIVELANTE COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR CINZA DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR (CBCA)	95
17	JÉSSICA MARIA WOITYSIK SUELEN CRISTINA VANZETTO	ANÁLISE DOS PRINCIPAIS PROCESSOS DE ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS	100
18	JÉSSICA MARIA WOITYSIK SUELEN CRISTINA VANZETTO GABRIEL DALLA VECHIA	AVALIAÇÃO DO USO DE AREIA DE BRITAGEM EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO NA FABRICAÇÃO DE PAVERS	106
19	JOAO VICENTE MARCOLIN	ANÁLISE DE REGULARIZAÇÃO DE ÁREA URBANA, ORIUNDA DE LOTEAMENTO CLANDESTINO, NO MUNICÍPIO DE GAURAMA-RS	111
20	JOÃO VITOR ORSO SUELEN CRISTINA VANZETTO PEDRO VITOR PARMIGIANI GIOVANI JORDI BRUSCHI VINÍCIUS ANDRÉ TOCHETTO	FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR TRIFLOXYSULFURON-SODIUM	116
21	JOÃO VITOR ORSO	ESTUDO DE LAYOUT PARA UM CANTEIRO DE OBRA DE UMA CONSTRUTORA DE UM MUNICÍPIO DO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL COM BASE NO MÉTODO SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING (SLP)	122
22	JOCIANE KOBIESKI	DIMENSIONAMENTO DE VERTEDOURO PARA UHE DO RIO PASSO FUNDO E ANÁLISE COM A ESTRUTURA EM FUNCIONAMENTO	128
23	JOCIANE KOBIESKI	QUAL É A MELHOR ALTERNATIVA NA CONTENÇÃO DE TALUDES: GEOMANTA OU BIOMANTA?	134
24	JULIANA COLOMBO DARCI LUIZ KUIAWINSKI	PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS CIVIS: ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE ERECHIM - RS	139
25	LILIANE CARLA GOLUINSKI BIOLCHI SUELEN CRISTINA VANZETTO	ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE BARRAGENS DE REJEITOS	145

**VII MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS**

28 de novembro de 2018

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM
Engenharias

26	LILIANE CARLA GOLUINSKI BIOLCHI CRISTINA VITORINO DA SILVA MARIANA ZUCCHI VARGAS BEATRIZ SCHIMELFENIG	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DE MACROFIBRAS DE NYLON REUTILIZADO EM CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA (CAR) SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS	150
27	LUCIANO FOLETTO SUELEN CRISTINA VANZETTO	DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – RECICLAGEM	155
28	MARINA DAL BOSCO FABIANO DA SILVA JORGE	ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DA BRITA GRADUADA SIMPLES (BGS) COM ADIÇÃO DE HIDROSEAL	160
29	MARINA SAKREZEWSKI SUELEN CRISTINA VANZETTO	COMPARAÇÃO ENTRE BARREIRAS VERTICAIS DE SOLO-BENTONITA E CIMENTO-BENTONITA	166
30	MARINA SAKREZEWSKIMARCOS PAULO CIELO	ANÁLISE DE VIABILIDADE DE FUNDAÇÕES COM ESTACA ESCAVADA DIRETAMENTE SOB PILAR EM COMPARAÇÃO COM SAPATA ISOLADA UTILIZADAS NO MUNICÍPIO DE ERECHIM	172
31	MATEUS BERNARDON ANDRÉ LUIS KRUBE AQUINO CEZAR FABIAN	ANÁLISE TÉCNICO ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM EDIFICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ERECHIM - RS	178
32	NATÁLIA SMANIOTTO BACH GABRIEL DALLA VECCHIA SUELEN VANZETTO	ESTUDO DO USO DE AREIA DE BRITAGEM EM SUBSTITUIÇÃO À AREIA NATURAL NA COMPOSIÇÃO DO CONCRETO PARA FABRICAÇÃO DE PAVERS	183
33	NATÁLIA SMANIOTTO BACH SUELEN VANZETTO	PROPRIEDADES GEOMECÂNICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	188
34	PATRIK JUNIOR PELIZZONI ALESSANDRO EMILIO VALMORBIDA	AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS DE SUPERFÍCIE NA RODOVIA ENTRE OS MUNICÍPIOS DE ERECHIM E BARÃO DE COTEGIPE, COM EXTENSÃO DE 9 KM E SUAS POSSÍVEIS CAUSAS	194
35	PAULO SÉRGIO MUNGHOL OLDONI ROBERTA NEUMEISTER	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DO SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME EM COMPARATIVO COM ESTRUTURAS DE ALVENARIA CONVENCIONAL	200
36	PEDRO VITOR PARMIGIANI DARCI LUIZ KUIAWINSKI	APLICAÇÃO DO SISTEMA LEAN NA LINHA DE PRODUÇÃO DE CORTE E DOBRA DE AÇO DE UMA EMPRESA E DE UM CANTEIRO DE OBRAS DE UM MUNICÍPIO DO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL	206
37	PEDRO VITOR PARMIGIANI JOÃO VITOR ORSO VINÍCIUS ANDRÉ TOCHETTO GIOVANI JORDI BRUSCHI ÉVERTON LOREGIAN NATÁLIA SMANIOTTO BACH SUELEN CRISTINA VANZETTO	REMEDIÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR METAIS PESADOS	212
38	RAQUEL ROMAN BEATRIZ SCHIMELFENIG MARIANA ZUCCHI VARGAS CRISTINA VITORINO DA SILVA	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DE FIBRAS DE NYLON EM CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA (CAR) SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS	220

**VII MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS**

28 de novembro de 2018

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM
Engenharias



39	RENATO DA CONCEIÇÃO	ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE COLETA, TRANSPORTE, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE MARCELINO RAMOS-RS	225
40	RODRIGO VON DENTZ IVANA KARINE AVER	ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DA APLICAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO GBC BRASIL CASA NA CONSTRUÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE PADRÃO NORMAL NA CIDADE DE ERECHIM – RS	231
41	TAINÁ PIROLI GUILHERME VIEIRA BRAGA LEMOS	ESTUDO COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO CA-50 DE DIFERENTES FABRICANTE	237
42	TAINÃ ZANELLA ABRÃO FABIANO DA SILVA JORGE	ANÁLISE DO DESEMPENHO DO PRÉ-MISTURADO A FRIO (PMF) EM REPAROS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	242
43	TAINÃ ZANELLA ABRÃOSUELEN CRISTINA VANZETTOVINÍCIUS ANDRÉ TOCHETTOÉVERTON LOREGIANGIOVANI JORDI BRUSCHI	MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE BARRAGENS DE REJEITO	248
44	THEYLOR EREDIA ASSUNÇÃO ROBERTA FÁTIMA NEUMEISTER	ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO DOS VENTOS SOBRE PAVILHÕES INDUSTRIAIS	253
45	VICTOR MATHEUS KOLBA	ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ADITIVOS CRISTALIZANTES APLICADOS EM CONCRETOS CONVENCIONAIS	257
46	VINÍCIUS ANDRÉ TOCHETTO GUILHERME MANFREDINI BUENO CEZAR AUGUSTO PALIGA DAIANE DE SENA BRISOTTO MARCOS PAULO CIELO	ESTUDO DO COMPORTAMENTO ADERENTE ENTRE BARRAS DE FIBRA DE BASALTO (BFRP) E O CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL (CAA)	263
47	VINÍCIUS ANDRÉ TOCHETTO PEDRO VITOR PARMIGIANI ÉVERTON LOREGIAN TAINÃ ZANELLA ABRÃO GIOVANI JORDI BRUSCHI JOÃO VITOR ORSO SUELEN CRISTINA VANZETTO	MÉTODOS DE BIORREMEDIAÇÃO DO SOLO CONTAMINADO POR PETRÓLEO E DERIVADOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	270

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

48	CAROLINE CERON VENDRUSCOLO	A PRODUÇÃO DE ACESSÓRIOS POR MEIO DA MANUFATURA ADITIVA: PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	276
49	JAQUELINE PAULA ROMANOWSKI	GESTÃO ESTRATÉGICA DE ESTOQUES E ARMAZENAGEM DE PRODUTOS ACABADOS: UMA PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DOS PROCESSOS.	281
50	TAISE SYCHOCKI JESSIE CARVALHO BRUHN	PROPOSTA DE MODELO PARA IMPLANTAÇÃO DE UM LABORATÓRIO DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO 4.0 DE ENGENHARIA	286

**ENGENHARIA ELÉTRICA**

51	ALVARO BAMPI SERGIO BORDIGNON	ANÁLISE DE CIRCUITOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA DE BAIXA TENSÃO	293
52	ANDERSON RABSCH SÉRGIO BORDIGNON	ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA PLANTA INDUSTRIAL DO TIPO MADEIREIRA	299
53	CARLOS ANDRÉ SEGATTO RICARDO ARPINI SOUZA	ANALISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EQUIPAMENTOS RESPONSÁVEIS PELA ILUMINAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO VERTEDOURO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO FUNDO	303
54	DIEGO CONTI CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	PLATAFORMA DE MONITORAMENTO E ANÁLISE DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS	309
55	DIOGO RENATO OLEKSINSKI SÉRGIO BORDIGNON FERNANDO LUIS TARTARI PERES	ANÁLISE DOS EFEITOS DE DISTORÇÕES HARMÔNICAS NA CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA	315
56	ELIAS BRAGA TÓTORA DE ALMEIDA MORAESFERNANDO LUÍS TARTARI PERES	ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO UTILIZANDO A TECNOLOGIA LED NOS PISOS SUBTERRÂNEOS 2S E 4S DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO FUNDO	320
57	GUILHERME GOUNSKI ADILSON LUIS STANKIEWICZ	DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE E GESTÃO APLICADO À USINAS DE CONCRETO	325
58	IZAIR ANTONIO BESSEGATO JÚNIOR	CONTROLE DIGITAL DE UM MOTOR BRUSHLESS DC APLICADO A SISTEMAS DE TRAÇÃO	331
59	JOSÉ MARIO VICENSI GRZYBOWSKI CASSIO LUCIANO BARATIERI	ESTIMAÇÃO DE ESTADOS E PARÂMETROS DE GERADORES SÍNCRONOS APLICANDO FILTRAGEM NÃO-LINEAR	336
60	JOSIMAR ANTONIO BEVILAQUA ADÍLSON LUÍS STANKIEWICZ	ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO EM MALHA FECHADA PARA UMA CALDEIRA GERADORA DE VAPOR	342
61	MARÇAL PAINTINGER DE FIGUEIREDO CAMILA SAMPAIO DOS REIS	DESENVOLVIMENTO DE UM OXÍMETRO DE PULSO PORTÁTIL	348
62	MARCUS VINICIOS DA MARTA OLIVEIRA ADILSON LUÍS STANKIEWICZ	ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE SUPERVISÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS AO MONITORAMENTO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES DA SUINOCULTURA	354
63	MATEUS NAVA MEZAROBIA CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DE CONTROLE E SIMULAÇÃO EM TEMPO REAL BASEADA EM SYSTEM ON CHIP APLICADO A MÁQUINAS ELÉTRICAS	360
64	MAURICIO ERNANI KARPINSKI CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	MICROGERAÇÃO DE ENERGIA UTILIZANDO BOMBA CENTRÍFUGA OPERANDO COMO TURBINA HIDRÁULICA ACOPLADA A UM GERADOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO	366
65	RODRIGO KOPROSKI ERNANDO LUIS TARTARI PERES	ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE AUTOMAÇÃO PARA UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA SUINOCULTURA.	372



66	SUELEN ROSSET CÁSSIO LUCIANO BARATIERI	GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA POR MEIO DE UM GERADOR SÍNCRONO DE ÍMÃS PERMANENTES TRIFÁSICO CONECTADO A UMA REDE MONOFÁSICA	377
67	TAILAN ORLANDO	ESTUDO DE SISTEMAS DE RASTREAMENTO SOLAR PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	383

ENGENHARIA MECÂNICA

68	ANDRE VANZ ARTUR BORTOLIN BESKOW	ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO DO OMBRO E ACABAMENTO SUPERFICIAL DA FERRAMENTA (POLIMENTO) NA SOLDA FSW EM CHAPAS DE ALUMÍNIO DA LIGA AA 5083	390
69	CARLOS ALBERTO DA MAIA MARCO ANTONIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA	ESTUDO ANALÍTICO, DIMENSIONAMENTO E FABRICAÇÃO DE UM VENTILADOR CENTRÍFUGO COM PÁS CURVADAS PARA TRÁS E TRAÇADO DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS	396
70	CHARLES LUÍS BATISTELLA ARTUR BORTOLIN BESKOW	ANÁLISE COMPARATIVA DAS FORÇAS DE TREFILAÇÃO TEÓRICAS E PRÁTICAS UTILIZANDO UM DISPOSITIVO DE TREFILAR BARRAS DE ALUMÍNIO DESENVOLVIDO PARA UMA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAIOS	402
71	ELIAS RICARDO MOLOZIMARCO ANTONIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA	ESTUDO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RADIAÇÃO EM UM CONCENTRADOR CILÍNDRICO PARABÓLICO DE FOCO LINEAR	408
72	FELIPE ANTÔNIO FRANCESCHI RAFAEL PETRI ZANARDO	PROPOSTA E VALIDAÇÃO DE UM ARTEFATO DE MEDIÇÃO DESEMPENHO DA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS ASSOCIADO A UMA NOTA FINAL	414
73	FELIPE CELLA DALLAZEN RAFAEL PETRI ZANARDO	PROPOSTA DE UM MODELO DE GESTÃO DA PRODUÇÃO PARA UMA EMPRESA DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS	419
74	JEAN CARLOS ROHR	ANÁLISE EXPERIMENTAL DE VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO EM EMPILHADEIRAS A GÁS	425
75	JONATHAN POCLITOR ZANIN	ANÁLISE DE PROBLEMAS ESTRUTURAIS ELÁSTICOS BIDIMENSIONAIS COM CONCENTRADORES DE TENSÃO SIMULADOS COM O PROGRAMA ANSYS	430
76	LAURA ECHER SOARES	ESTUDO NUMÉRICO DO ESCOAMENTO BIFÁSICO GÁS - LÍQUIDO NO PADRÃO INTERMITENTE EM LINHAS VERTICAIS ATRAVÉS DE SIMULAÇÕES EM CFD.	435
77	LUÍS FERNANDO DEJAN CRISTIANO VITORINO DA SILVA	ANÁLISE DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM UM DIGESTOR DE VÍSCERAS UTILIZANDO CFD E MODELO DE CONDENSAÇÃO	442
78	MAICON ANDRÉ PASKA MARCO ANTONIO SAMPAIO FERRAZ DE SOUZA	ESTUDO ANALÍTICO E EXPERIMENTAL DE UM TROCADOR DE CALOR CASCO E TUBOS OPERANDO EM ESCOAMENTO CRUZADO	448



VII MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS

28 de novembro de 2018

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM
Engenharias



79	MAURO JOSÉ DOS SANTOS TANCREDO WESTPHAL JUNIOR	ANÁLISE COMPARATIVA DO CONSUMO DE AÇO ENTRE ESTRUTURAS DE ALMA CHEIA E ESTRUTURAS TRELIÇADAS USANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS	454
80	MICHEL CARLOS KIRNIEW TANCREDO WESTPHAL JUNIOR	DIMENSIONAMENTO DE EIXOS DE TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA POR ELEMENTOS FINITOS NA PLATAFORMA MSBFEA	460
81	RONALDO MARTINS OSEIAS ESMELINDRO	QUALIFICAÇÃO DE JUNTAS SOLDADAS PARA UMA CASA MODULAR DE PAINÉIS TERMOISOLANTES QUALIFICAÇÃO DE JUNTAS SOLDADAS PARA UMA CASA MODULAR DE PAINÉIS TERMOISOLANTES	466
82	SIDNEI JOSÉ POLINSKI TANCREDO WESTPHAL JUNIOR	ANÁLISE DE UMA ESTRUTURA DE SUPORTE PARA SILO ELEVADO PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS UTILIZANDO O SOLIDWORKS COM ELEMENTOS DE VIGA E SÓLIDO TETRAÉDRICO COMPARADO COM O ANSYS	471
83	THIAGO SILVESTRINI ARTHUR BORTOLIN BESKOW	ESTUDO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM PARA A LIGA AA 5083 UTILIZANDO O PROCESSO FSW EM BRAÇOS ROBÓTICO	477



UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO
ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM



VII MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E
TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS

ENGENHARIA CIVIL

28 de novembro de 2018

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E
PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS****ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O USO DE ESTRUTURA METÁLICA E
DE CONCRETO ARMADO PARA UMA EDIFICAÇÃO DO TIPO
INDUSTRIAL****Aluno: Alan Vargas****Orientador: Alessandro Emilio Valmorbida****INTRODUÇÃO**

No cenário atual em que vivemos, de capital escasso e falta de renovação da mão de obra na construção civil, profissionais e empresas precisam cada vez mais buscar métodos construtivos eficientes. Assim sendo, ao construir, é necessário pensar em qual tipo de estrutura torna-se mais adequada para uma obra. Para tal, deve-se buscar uma metodologia de avaliação mais abrangente, que vá além do comparativo de custos, mas que englobe também questões técnicas. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise através de um estudo comparativo entre o uso de uma estrutura metálica e de concreto armado moldado *in loco* para uma edificação do tipo industrial visando cruzar suas características específicas como área útil da edificação, comportamento estrutural e custos.

Apesar do predomínio da construção em concreto no Brasil, o avanço tecnológico e a busca por meios construtivos mais racionais tem aberto portas para novos métodos construtivos. Dentre estes, o aço vem oferecendo uma padronização nos elementos que o compõe que acarreta uma produção e posterior montagem mais rápidos que os demais.

Freitas (2014) comenta que com o crescimento da indústria siderúrgica no Brasil e a busca por novas formas arquitetônicas e estruturais, o emprego do aço tem aumentando consideravelmente na construção civil. Em relação a esses materiais utilizados na construção civil, o concreto apresenta diversas vantagens como a alta resistência a compressão, elevada rigidez, proteção contra incêndio e corrosão, enquanto o aço oferece elevada resistência a tração, leveza e esbeltes dos elementos. Ambos os materiais atuam resistindo a esforços solicitantes, mas a forma de sua utilização e quando utilizar deve ser cuidadosamente analisada para que sejam viáveis construtiva e economicamente.

Segundo Nakamura (2018), quando bem projetados e executados, ambos os sistemas são capazes de atender às necessidades de suporte de cargas da estrutura. O que vai determinar a escolha por um ou outro sistema são as particularidades do projeto e da obra. Afinal, em algumas situações, um determinado material pode se tornar mais vantajoso do que outro.

Levando em consideração as informações mencionadas, buscou-se com este estudo, realizar uma análise comparativa de uma estrutura metálica com uma estrutura de concreto armado moldada *in loco* para uma edificação do tipo industrial com vãos experimentais de 10, 15 e 20 metros, utilizando softwares de análise estrutural para cruzar características destes métodos construtivos. Acredita-se que características como área útil, comportamento da edificação e viabilidade econômica analisadas da forma conjunta trazem maior clareza e segurança para a escolha do método construtivo.

METODOLOGIA

Escolha do modelo da edificação

Inicialmente foi projetada uma edificação com a finalidade de servir como abrigo de veículos de carga. Para tal finalidade não se fez necessário um pé direito muito alto, sendo 6 metros o suficiente, logo, foi utilizado um sistema de cobertura tipo tesoura metálica. A estrutura de telhado serviu como estrutura padrão tanto para a superestrutura em concreto armado quanto para a metálica.

A estrutura foi fechada lateralmente com alvenaria de tijolo cerâmico até a altura de 2 metros na espessura de 15 cm. Acima disso adotou-se fechamento com chapa de aço galvanizado com corrugação trapezoidal, conforme demonstrado na figura 1.

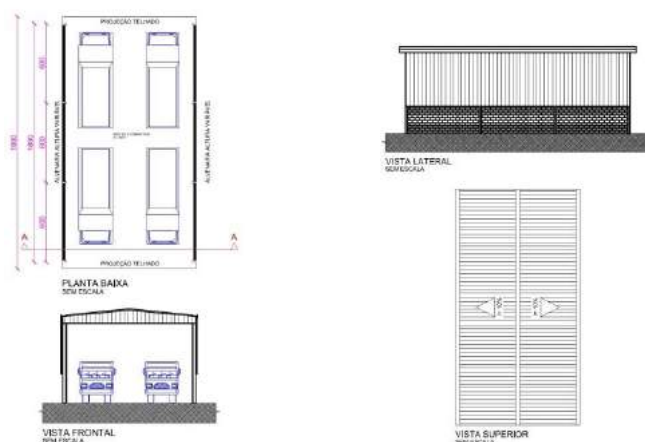


Figura 1 – Representação do projeto arquitetônico

Materiais Estruturais

Superestrutura em concreto armado

Segundo o item 6 da NBR 6118:2014 (diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto), as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem suas seguranças, estabilidade e aptidão em serviços durante o prazo decorrente à sua vida útil de 50 anos.

No item 7 da NBR 6118:2014, são referenciados os critérios relativos à durabilidade das estruturas de concreto. No item 7.4 da norma, são referenciados os critérios relativos à qualidade do concreto e cobrimento da armadura. A durabilidade da estrutura é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto do cobrimento da armadura.

Segundo o que foi dito, a edificação deste trabalho teve como requisito mínimo uma relação água/cimento $\leq 0,60$ e consequentemente um concreto de classe $\geq C25$. Para a fundação tanto para superestrutura em concreto armado quanto em aço foi adotado concreto de classe C20.

A figura 2 demonstra as representações das estruturas em 3D geradas pelo software CYPECAD. As disposições dos elementos estruturais foram concebidas de forma a suportar as cargas das ações impostas extraindo o melhor desempenho e economia da edificação.

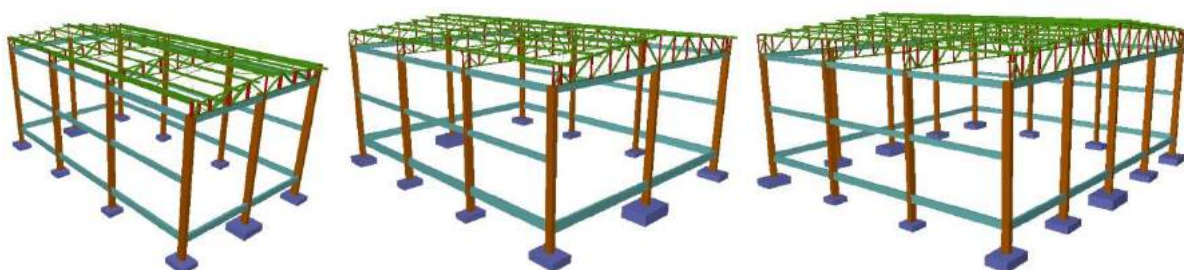


Figura 2 – Superestrutura em concreto armado

Superestrutura em aço

Segundo a NBR 8800:2008, os aços aprovados para uso estrutural, barras e chapas são aqueles com qualificação estrutural assegurada por Norma Brasileira ou norma ou especificação estrangeira, desde que possuam resistência ao escoamento máximo de 450 Mpa. Os mais usados estão listados no Anexo A da ABNT NBR 8800:2008, dentre eles: ASTM A36, ASTM A572 G42, ASTM A572 G50, ASTM A588 (Tabela A.2 NBR 8800:2008).

Para a edificação em estudo, foi utilizado para perfis de chapa dobrada o aço ASTM A36, empregados principalmente na estrutura de telhado e fechamento lateral, e para perfis laminados a quente o aço ASTM A572 G50, empregados nos pilares.

Os parafusos utilizados neste projeto foram parafusos comuns – ASTM A307 e seu equivalente ISO 898-1 Classe 4.6. Parafusos de alta resistência – ASTM A325 ou equivalente ISO 4016 Classe 8.8 são comumente utilizados em ocasiões especiais. Dados destes também são encontrados no Anexo A da NBR 8800:2008.

A figura 3 demonstra as representações das estruturas em aço 3D geradas pelo software Metálicas 3D. As disposições dos elementos estruturais foram concebidas de forma a suportar as cargas das ações impostas extraindo o melhor desempenho e economia da edificação.

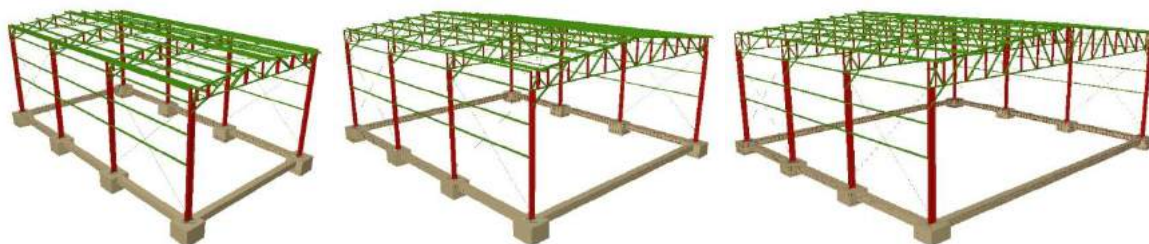


Figura 3 – Superestruturas em aço

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Área útil

Compreende-se como área útil a área total interna da edificação descontado as seções dos pilares. Para os pilares metálicos foi considerado seção retangular cheia. Para tal obteve-se uma diferença pouco significativa no quesito área útil conforme é possível observar na figura 4, porém comparando o número de pilares nos diferentes vãos em estudo e levando em conta a liberdade arquitetônica fica clara a melhora expressiva quando da utilização do sistema em estrutura metálica, com uma redução de 20% no número de pilares para os vãos de 10 e 15 metros e uma redução de 43% no número de pilares para o vão de 20 metros.

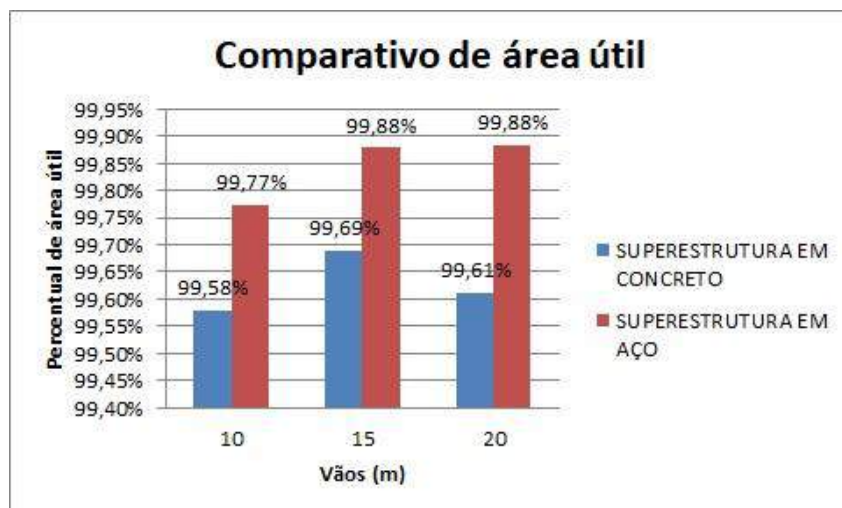


Figura 4 – Comparativo de área útil

Análise das reações da fundação

Para a edificação proposta neste estudo, fica evidenciado através dos resultados das fundações a grande influência que a força de vento teve na edificação. Para a edificação com superestrutura em aço, a força de sucção aplicada à estrutura aliada ao baixo peso da superestrutura necessitou de fundações com elevado peso para anular o efeito de arrancamento das mesmas. Enquanto que para a edificação com superestrutura em concreto armado obteve-se fundações menos carregadas por conta da colaboração do peso da superestrutura na estabilidade da fundação.

Pode-se observar na figura 5 que as reações das fundações para ambos os métodos construtivos tiveram significativas variações. Ainda na figura 5 onde também é comparado o volume de concreto para uma amostra de elemento estrutural de fundação, observa-se uma considerável diferença no volume de concreto conforme explicado anteriormente.

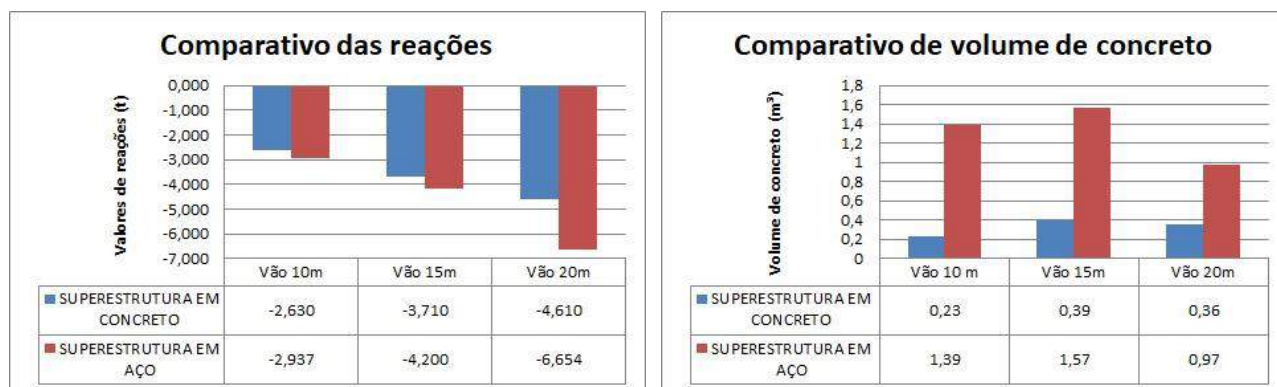


Figura 5 – Comparativo das reações

Comparativo dos custos das estruturas

Os custos abaixo demonstrados apresentam para o vão de 10 metros, conforme a figura 6, uma estrutura metálica ligeiramente mais cara que a estrutura em concreto armado, em torno de menos de 1%. Para o vão de 15 metros obteve-se uma diferença significativa de aproximadamente 7,3%. Com um vão de 20 metros chegou-se a uma diferença de aproximadamente 13,9% a favor do modelo estrutural em aço.

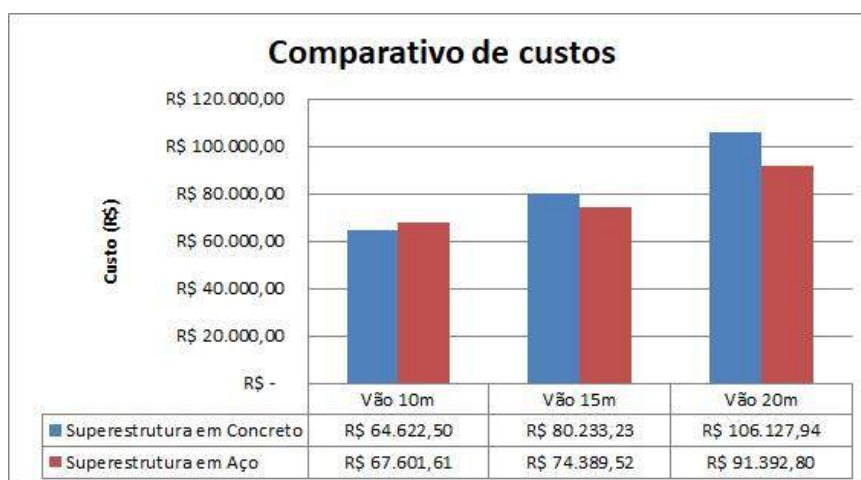


Figura 6 – Comparativo de custos

CONCLUSÕES

Fica evidenciado neste estudo que o modelo estrutural em aço torna-se mais competitivo para grandes vãos, onde neste caso o modelo convencional em concreto armado moldado in loco acaba tornando-se inviável.

Após o estudo realizado para a estrutura em perfis metálicos, é possível perceber a necessidade de um conhecimento técnico específico para o método, pois o mesmo exige técnicas e análises singulares tanto para projeto quanto para a execução. Para grandes vãos, este modelo de superestrutura apresentou claramente vantagens técnicas e econômicas.

Se tratando da superestrutura em concreto armado, conclui-se que quando bem analisado seu emprego torna-se vantajoso no quesito simplicidade de concepção e execução, sendo a primeira opção para a grande maioria dos profissionais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 6120:1980. Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

_____. NBR 6122:1996. Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1996.

_____. NBR 6123:1988. Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

_____. NBR 8800:2008. Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

BELLEI, Ildony H. Edifícios industriais em aço / Ildony H. Bellei. – 2ª. ed. - São Paulo: Pini, 1998.

_____. Edifícios de múltiplos andares em aço / Ildony H. Bellei, Fernando O. Pinho, Mauro O. Pinho. – 2ª. ed. - São Paulo : Pini, 2008.

CAMAROTTO, João Alberto. Estudo das relações entre o projeto do edifício industrial e a gestão da produção, 1998. 246 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) FAU/USP, São Paulo, 1998.

CASTRO, Eduardo Mariano Cavalcante. Patologia dos edifícios em estrutura metálica. 1999. 202 p. Dissertação (Mestrado), Ouro Preto, 1999.

DUARTE, C. C. M. Análise do Conceito de Sucesso Aplicado ao Gerenciamento de Projetos de Tecnologia da Informação – Parte 1. Disponível em: <<https://tecprodesp.wordpress.com/analise-do-conceito-de-sucesso-aplicado-ao-gerenciamento-de-projetos>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

FREITAS, P. S. Edifícios de múltiplos pavimentos estruturados em elementos mistos aço-concreto - Aspectos normativos, estudo de caso e análise comparativa. 2014, 82f. Trabalho de conclusão de curso - Centro Universitário de Brasília, UniCEUB, Brasília, 2014.

INSTITUTO Aço Brasil. Galpões para usos gerais. Zacarias M. Chamberlain Pravia (rev.), Gilnei Artur Drehmer e Enio Mesacasa Júnior. - Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2010.

_____. Aço no Brasil Atualmente. Dados do Setor em 2017, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/dados.asp>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

MATTOS, A. D. Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos. São Paulo: Editora Pini, 2006.

MUNCE, J. F. Industrial Architecture: an analysis of international building practice. 1ª. ed. New York. FW DODGE, 1960.

NAKAMURA, Juliana. Leveza e velocidade de execução induzem o uso de estruturas de aço. AECWeb. São Paulo. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/empresa/gerdau/materia/leveza-e-velocidade-de-execucao-induzem-o-uso-de-estruturas-de-aco/17375>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

NAVE, T. A. S. Análise comparativa do método construtivo em Betão Armado Vs Aço – Caracterização Técnico-Económica. 2015, 179f. Dissertação (Mestrado)-Instituto Politécnico de Leiria, IPL, Portugal, 2015.

PEDROSO, V. P. Estudo comparativo de uma edificação utilizando sistemas estruturais em concreto armado e estrutura metálica: Estudo de caso. 2016, 57f. Trabalho de conclusão de curso - Centro Universitário de Brasília, UniCEUB, Brasília, 2016.

PFEIL, W.; PFEIL, M. Estruturas de aço. Dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800:2008. 8ª. ed. [Reimpr.]. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

SCHIMIDT, L. C. Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em estruturas metálicas versus estruturas convencionais em edifícios de pequeno porte. 2014, 25f. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2014.

SINDICATO Nacional da Indústria de Cimento – SNIC. Concreto no Brasil Atualmente. Números do Setor em 2017, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://snic.org.br/numeros-do-setor.php>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS
EM MATERIAIS E SISTEMAS****AVALIAÇÃO DO USO DE CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR
EM PAREDES DE CONCRETO AUTO ADENSÁVEL****Aluna: Alessandra Zaleski****Orientadora: Prof^a. MSc. Suelen Cristina Vanzetto****INTRODUÇÃO**

Atualmente o Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar no mundo, com uma área plantada de 9.959.196 milhões de hectares e com uma safra de 672.689.200 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (IBGE, 2018). O que gera quantidades elevadas de resíduos agrícolas e poluição ao meio ambiente. Pois durante a produção de açúcar e álcool é gerado como subproduto o bagaço de cana-de-açúcar, que é resultante da extração do caldo da cana pelo processo de moagem. A quantidade desse bagaço extraído chega a aproximadamente 30% da cana moída e tem sido aproveitado como fonte energética, pois cerca de 95% desta biomassa é queimada em caldeiras para geração de vapor na produção de açúcar e álcool (PAULA *et al.*, 2009).

Conforme Sampaio (2013), durante a combustão nas caldeiras das usinas, alimentadas pelo bagaço para co-geração de energia elétrica, gera-se um novo resíduo, a cinza do bagaço da cana-de-açúcar. Para cada tonelada de cana-de-açúcar são produzidos 250kg de bagaço e 6kg de cinza residual após sua combustão (SOUZA *et al.*, 2011).

Cada vez mais, pesquisadores dedicam-se no desenvolvimento de alternativas para uma destinação sustentável a esta cinza residual e também uma maneira de agregar valor ao subproduto da indústria da cana-de-açúcar (SAMPAIO, 2013). Uma alternativa que faz-se válida é a destinação desses resíduos por meio da incorporação em matrizes cimentícias para a produção de concreto.

A substituição do cimento Portland por cinza do bagaço da cana-de-açúcar além de diminuir o consumo de matéria-prima, a energia necessária no processo de fabricação do cimento e consumir um resíduo da agroindústria, também diminui a emissão de CO₂ para a atmosfera, o qual tem sido apontado como um dos grandes responsáveis pelo efeito estufa e o consequente aquecimento global (SOUSA, 2009).

Subsequente a adição das cinzas residuais na matriz cimentícia para a produção de concreto, pode-se fazer o uso desse concreto no sistema construtivo de parede de concreto. O qual é um sistema que consiste por ter sua estrutura e sua vedação formadas por um único elemento, a parede de concreto, que é moldada in loco. Ele oferece uma opção sustentável para a construção civil, por utilizar insumos industrializados que são submetidos a controle ambiental em sua produção, fôrmas que podem ser reaproveitadas várias vezes e por diminuir consideravelmente o desperdício e o descarte de resíduos (ABCP *et al.*, 2008).

A substituição de cimento Portland por cinza do bagaço da cana-de-açúcar para a produção de concreto auto adensável na utilização do sistema de parede de concreto, apresenta-se como uma alternativa inovadora e sustentável na construção civil. Mas ainda há necessidade de estudos mais aprofundados relacionados sobre o uso de resíduos e posterior disseminação dos mesmos, visando difundir suas possibilidades de uso, assim como suas limitações.

MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção é explanado o processo para a confecção dos concretos com teores de cinza do bagaço da cana-de-açúcar, substituindo em porcentagens o aglomerante (cimento) em sua composição.

Programa experimental

A Fig. 1 exemplifica todas as etapas que foram desenvolvidas no programa experimental, para tornar possíveis os objetivos deste trabalho.



Figura 1 - Fluxograma de atividades

Materiais utilizados

Os materiais que foram utilizados no programa experimental foram propostos considerando sua disponibilidade no mercado e de se obter misturas de concreto que se assemelham com o que está sendo utilizado nas obras da região. Deste modo, foram escolhidos os materiais relacionados abaixo:

- Cimento Portland: CP V - ARI (Cimento Portland de alta resistência inicial);
- Agregado miúdo: Areia fina natural;
- Agregado graúdo: Brita 0;
- Aditivo superplastificante;
- Sílica ativa;
- Cinza do bagaço da cana-de-açúcar.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item são apresentados e analisados os resultados do ensaio de resistência à compressão uniaxial que foi realizado afim de verificar a viabilidade de utilização do resíduo do bagaço da cana-de-açúcar como substituição ao cimento Portland na produção de concretos auto adensáveis.

Resistência à compressão uniaxial

Para a realização do ensaio de compressão uniaxial foi utilizada a NBR 5739 (ABNT 2007), que prescreve um método pelo qual devem ser ensaiados à compressão os corpos de prova cilíndricos de concreto.

Através do método de variância simples (ANOVA) é possível observar na Fig. 2, o efeito do teor de substituição sobre a resistência à compressão uniaxial dos concretos.

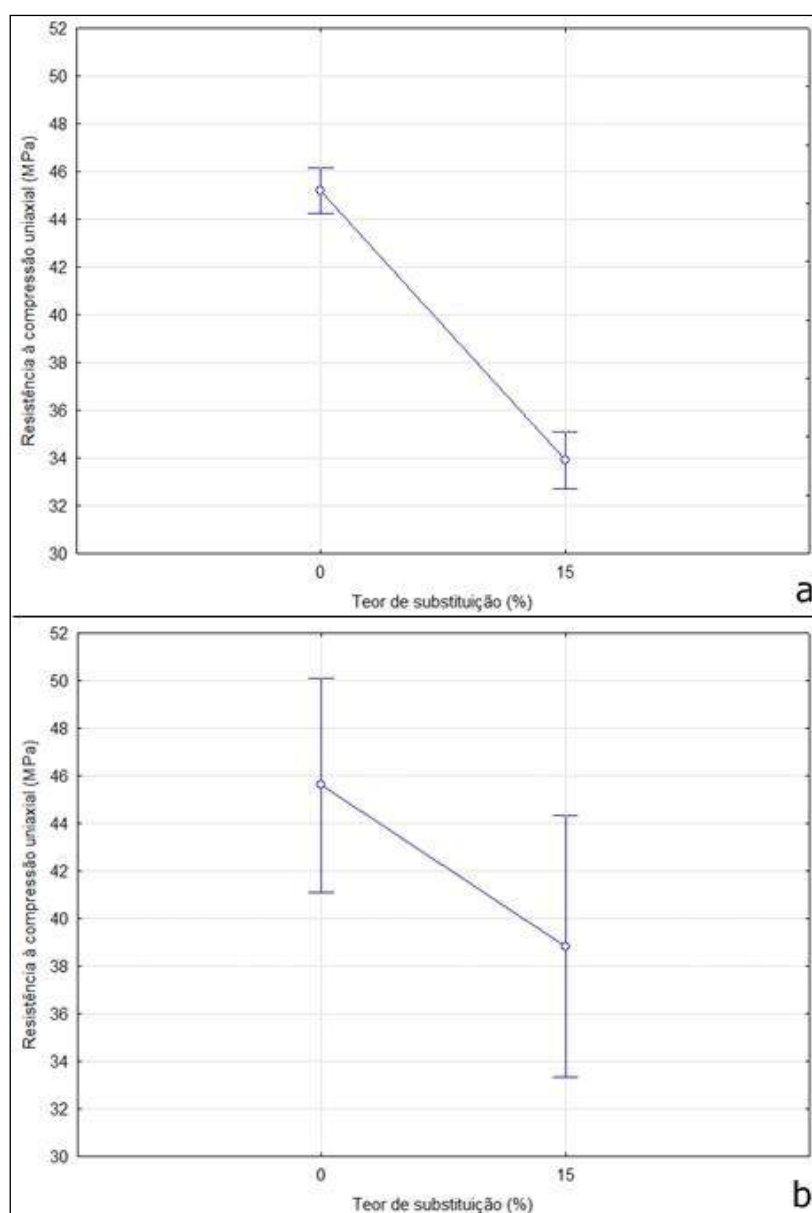


Figura 2 - Efeito do teor de substituição da CBCA na resistência à compressão uniaxial
a - Cura úmida; b - Cura exposta.

Observando o gráfico (a) da Fig. 2, verifica-se que o teor de referência (0%) atingiu uma resistência à compressão média de 45,19 MPa, já o teor de 15% obteve uma resistência à compressão média no valor de 33,90 MPa. Assim, verifica-se a ocorrência de um decréscimo significativo na resistência à compressão média dos teores de substituição com cura úmida.

Pode-se justificar esta queda na resistência à compressão dos concretos realizados com cura úmida, pela relação a/c utilizada para produção do traço, que foi de 0,65. Pois a cura úmida é ideal para concretos de baixa relação a/c no ganho de resistência, proporcionando grande desenvolvimento ao concreto (BRESOLIN, 2016).

Para o gráfico (b) apresentado na Figura 23, observa-se que para o teor de referência (0%) se obteve uma resistência à compressão média de 45,62 MPa e para o teor de 15%, uma resistência à compressão média de 38,84 MPa. Logo, essa diminuição de resistência na cura exposta, não fez-se significativa para esta propriedade mecânica do concreto.

Na Fig. 3, pode-se notar o efeito combinado das curas com o teor de substituição de CBCA sobre a resistência à compressão uniaxial dos concretos.

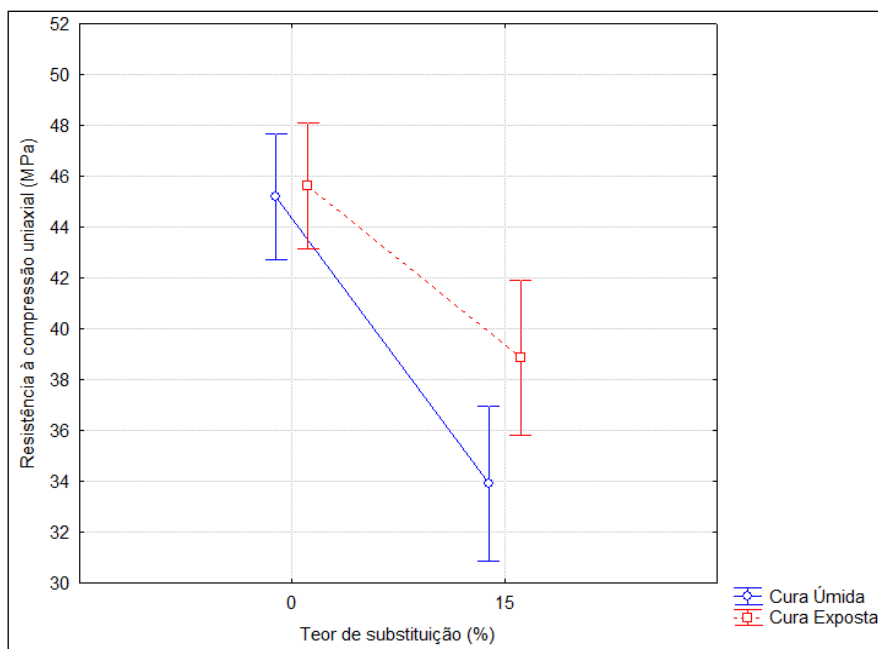


Figura 3 - Efeito combinado das curas com o teor de substituição na resistência à compressão uniaxial

Conforme o exposto na Fig. 3, sabe-se que a resistência à compressão uniaxial do teor de referência (0%) com cura úmida foi de 45,19 MPa e para o teor de referência (0%) com cura exposta foi de 45,62 MPa. Portanto é possível afirmar que o tipo de cura não interferiu na resistência à compressão do teor de referência (0%).

O mesmo pode-se dizer da resistência à compressão uniaxial obtida com o teor de 15% com cura úmida, que foi de 33,90 MPa e o teor de 15% com cura exposta, que foi de 38,84 MPa, o qual também não apresentou influência da cura nesta propriedade do concreto.

Um fator que pode ter interferido na resistência dos concretos com substituição de 15% do cimento pela CBCA, pode ter sido a porcentagem de substituição utilizada de cinza. Nunes *et al.* (2008) estudaram concretos com adição de cinza de bagaço de cana-de-açúcar em substituição ao cimento Portland na proporções de 0% (referência), 3%, 5%, 7%, 10%, 13%, 15% e 20% em massa. Onde o maior aumento na resistência foi indicado pela substituição de até 7% de cinza.

Segundo Paula (2006), pode-se justificar o decréscimo na resistência mecânica quando são empregadas cinzas com mais de 30% de carbono em sua composição. Nestes casos, a queda na resistência se dá principalmente devido à queda na quantidade de sílica correspondente. No caso de

CBCA com alto teor de carbono, suas partículas podem não ser inertes, mas a grande quantidade de carbono pode reduzir a capacidade reativa do material.

Ainda por meio do teste de Tukey, pode-se dizer que o teor de 15% de substituição com cura úmida é considerado estatisticamente igual ao teor de 15% com cura exposta. Porém ambos são considerados estatisticamente diferentes quando comparados ao teor de referência (0%), tanto com cura úmida, quanto com cura exposta. Já o teor de referência (0%) com cura úmida é significativamente igual ao teor de referência (0%) com cura exposta.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no ensaio mecânico de resistência à compressão uniaxial e posterior tratamento estatístico dos dados, foi possível apresentar as conclusões verificadas para a variável de resposta estudada.

Com relação a qualidade do concreto, todos os concretos atenderam a NBR 6118 (ABNT 2014), apresentando uma resistência ≥ 25 MPa, para concreto armado com classe de agressividade ambiental II (moderada). Para a resistência à compressão uniaxial, o melhor resultado com substituição de CBCA foi o teor de 15% com cura exposta, atingindo uma resistência de 38,84 MPa. Assim, a cura exposta mostrou-se uma melhor alternativa nesta propriedade mecânica, justificando-se pela ocorrência de um processo chamado de "cura interna", sem a presença externa constante da umidade, que melhora as propriedades da matriz de cimento e hidrata as partículas que ainda não foram hidratadas (JORDANI, 2016).

Por meio do exposto, acredita-se que a introdução de cinza do bagaço de cana-de-açúcar possa ser considerada um material alternativo para a produção de concreto. Todavia, recomenda-se um acompanhamento do processo de moagem do bagaço da cana-de-açúcar, bem como as suas condições de queima. Ainda, submeter os concretos com CBCA a um maior tempo de cura, para avaliar o efeito pozolânico e a reatividade da cinza nos concretos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Parede de Concreto**: coletânea de ativos 2007/2008. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/upload/ativos/9/anexo/colpc0708.pdf>>. Acessado em: 17 abr 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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.

BRESOLIN, G. **Influência das técnicas de cura na resistência do concreto e análise da incorporação de cal hidratada na técnica de cura por aspersão periódica de água**. Trabalho de Conclusão de curso - UNIVATES, Lajeado, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA DE ESTATÍSTICA. Indicadores IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Março de 2018.

JORDANI, B. **Estudo do agregado graúdo reciclado de concreto como agente de cura interna em concreto com cinza de casca de arroz**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo, 2016.

NUNES, I. H. S.; VANDERLEI, R. D.; SECCHI, M.; ABE, M. A. P. Estudo das características físicas e químicas da cinza do bagaço de cana-de-açúcar para uso na construção. **Revista Tecnológica**. v. 17, p. 39-48. Maringá, 2008.

PAULA, M. O. **Potencial da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/ MG, 2006.

SAMPAIO, Z. L. M. **Análise do comportamento mecânico de concretos produzidos com incorporação de cinza do bagaço da cana-de-açúcar de variedades SP911049, RB92579 e SP816949**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2013.

SOUTO, J. M. F.; VANDERLEI, R. D.; NUNES, I. H. S. **Avaliação da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em substituição parcial de cimento portland na produção de concretos**. In: CONGRESSO DO CONCRETO - CBC, 51., 2009, Curitiba. Anais...Curitiba: IBRACON, 2009.

SOUZA, A. E.; TEIXEIRA, S.R.; SANTOS, G. T. A.; COSTA, F. B.; LONGO, E. Reuse of sugarcane bagasse ash (SCBA) to produce ceramic materials. **Journal of Environmental Management**. v.92, n.10, p.2774-2780. 2011.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

CONCEPÇÃO ESTRUTURAL VISANDO A ECONOMIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM MEZANINO: COMPARAÇÃO ENTRE ESTRUTURA METÁLICA E CONCRETO ARMADO

Aluno: Alian Roges Paese
Orientador: Renan Scapinello



INTRODUÇÃO

Nos mais diversos tipos de projetos de engenharia, a relação e levantamento de custos se torna indispensável para o sucesso de um empreendimento. Decisões técnicas, apesar de relevantes, estão intimamente ligadas ao fator custo, que por sua vez determina a viabilidade de um projeto. Uma etapa essencial aos projetos de estruturas, é a concepção estrutural, pois é neste instante que são estabelecidos os tipos de materiais e elementos que comporão a funcionalidade da estrutura em virtude do desempenho desejado. Porém, a determinação e escolha destes parâmetros, pode se tornar uma tarefa de extrema complexibilidade, dependendo do modelo e uso da estrutura requerida.

Constantes avanços tecnológicos, possibilitaram o desenvolvimento de softwares para as mais variadas áreas de projeto, incluindo para a disciplina de cálculo estrutural, que possibilita ao projetista a elaboração de análises para diversos sistemas estruturais, dentro de uma mesma edificação em tempo reduzido. Estas ferramentas possibilitam aos projetistas, a determinação do modelo estrutural mais eficiente e econômico para cada situação específica.

Um arranjo estrutura adequado consiste em atender, simultaneamente aspectos de segurança, economia, durabilidade, estética e funcionalidade. A concepção estrutural deve levar em conta a finalidade da edificação e atender, as condições impostas pela arquitetura. O projeto arquitetônico é a base para a elaboração de um projeto estrutural. Este deve prever o posicionamento dos elementos de forma a respeitar a distribuição dos ambientes nos diversos pavimentos. (ALVA, 2007)

Um projeto estrutural é uma atividade complexa que envolve a arquitetura, a concepção da estrutura, seu arranjo estrutural e o dimensionamento dos elementos. Existe ainda a preocupação com os custos das obras, pois os projetos devem garantir a segurança satisfatória com os menores custos (MAIA, 2009).

A escolha de um sistema estrutural envolve muitos fatores e por isso o engenheiro projetista deve analisar de forma minuciosa todos os detalhes envolvidos na construção, para que erros posteriores sejam evitados, o primeiro passo para que um projeto seja bem sucedido, deve ser feito um estudo minucioso da arquitetura, instalações, métodos construtivos e condições locais antes do cálculo e dimensionamento da estrutura (FABRIZZI, 2007).

Assim, este estudo realizará uma análise comparativa de custos de materiais para a implantação de um mezanino em uma edificação já existente. Como solução estrutural, serão analisadas diferentes configurações e disposições de pilares utilizando-se dois tipos de materiais, o concreto armado e a estrutura metálica. Para melhor compreensão, serão abordados cada um dos elementos estruturais separadamente, garantido ao leitor uma melhor compreensão dos sistemas propostos para a construção do mezanino.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso para a implantação de um mezanino em um almoxarifado já existente de propriedade pública, na cidade de Erechim-RS. Quatro concepções e arranjos de modelos estruturais são realizados comparando-se dois métodos construtivos, estrutura metálica e concreto armado. Com o auxílio dos softwares AltoQI Eberick 2018 e Cype 3D, foram realizados os lançamentos das estruturas de todos os modelos estruturais, obtendo-se os quantitativos de materiais para a estrutura de concreto armado (aço, concreto, forma e perfis) e para a estrutura metálica (perfis, parafusos, porcas, arruelas e soldas). Com o auxílio do Programa Excel foram realizadas tabelas, que juntamente com os quantitativos obtidos nos programas e com a utilização da tabela SINAPI e orçamentos realizados na região de Erechim, pôde-se chegar ao custo final de cada um dos modelos estruturais, o qual serviram de base para a realização desta análise comparativa, a fim de se determinar qual seria o modelo de estrutura mais econômica.

Para as paredes de ambos métodos construtivos, serão utilizadas divisórias Divilux Eucatex, este sistema oferece um conjunto de soluções para planejamento de escritórios e espaços internos, estas divisórias unem leveza, resistência mecânica e estabilidade dimensional. Para a determinação do material foi considerado o local aonde o produto irá ser aplicado, por se tratar de um mezanino de um almoxarifado e apresentar grande circulação de pessoas, foi escolhido o painel FORMIDUR BP PLUS, este fabricado com chapa dura de fibra de madeira prensada, com acabamento em resina melamínica de baixa pressão, que proporciona ao produto ótima resistência ao impacto e risco (Catálogo Técnico EUCATEX).

Para o piso da estrutura metálica foram escolhidas placas de Painel Wall, com dados obtidos através do catálogo técnico do Fabricante ETERNIT. "Composto de miolo de madeira laminada ou sarrafeada, contraplacado em ambas as faces por lâminas de madeira, e externamente por placas cimentícias CRFS (Cimento Reforçado com Fio Sintético) prensadas." (Eternit, 2014).

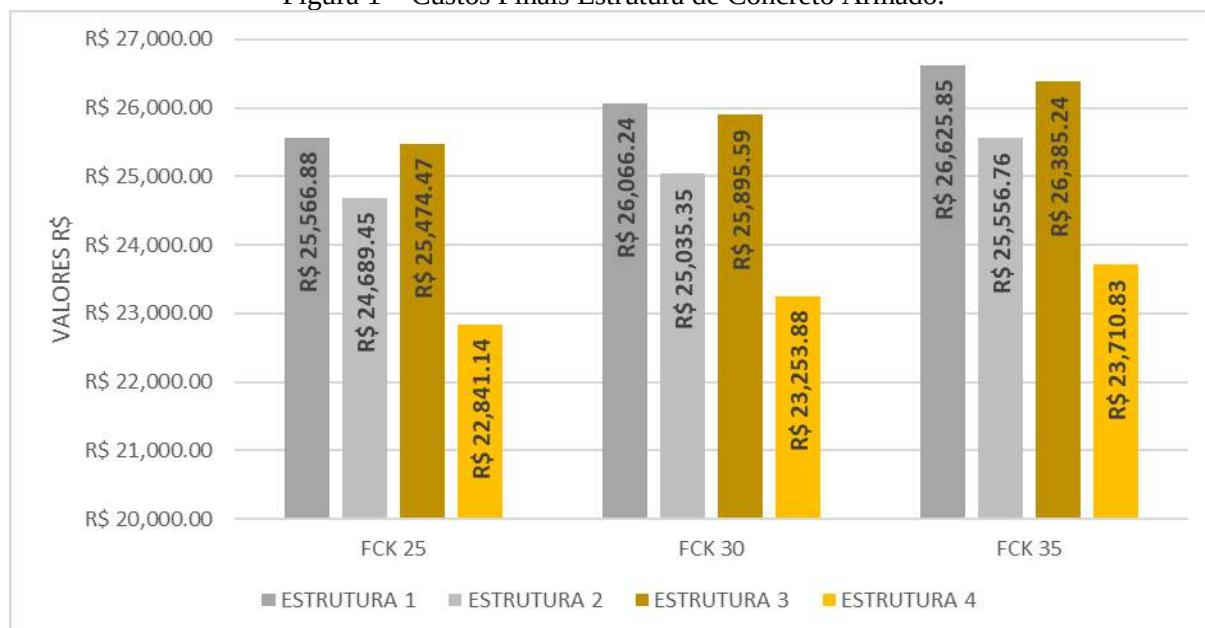
Para a execução do piso da estrutura de concreto armado, optou-se pela utilização de vigotas pré-moldadas, com enchimento em tijolos cerâmicos, dentre as principais características do produto, podemos citar a elevada resistência a grandes vãos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após concluído o dimensionamento de todas as estruturas propostas, os programas de cálculo estrutural Alto QI Eberick 2018 e Cype 3D, forneceram os quantitativos de material consumido em cada estrutura. Com os dados dos quantitativos e com a tabela SINAPI e alguns orçamentos de material, foi possível calcular os custos dos materiais e estimar qual das estruturas seria a mais econômica. A seguir serão apresentadas as comparações dos custos de materiais presente nas estruturas, tanto para estrutura de concreto armado, quanto para metálica.

Para as estruturas de concreto armado, foram analisados os custos finais com diferentes resistências característica de concreto "fck", nesta análise estão inclusos o custo do concreto, aço, formas, vigotas e tabelas cerâmicas. Analisando os custos totais, conclui-se que a estrutura 4 é a mais econômica, tanto entre as estruturas com concreto de mesma resistência, quanto a comparação da mesma estrutura com concretos diferentes. A estrutura 4, com resistência "fck" de 25 MPa, apresenta uma economia de cerca de 12,11% em relação a estrutura 1, 7,84% em relação a estrutura 2 e 11,52% em relação a estrutura 3. A Figura 1, apresenta os custos totais de materiais referente a cada resistência a compressão do concreto e cada modelo estrutural estudado.

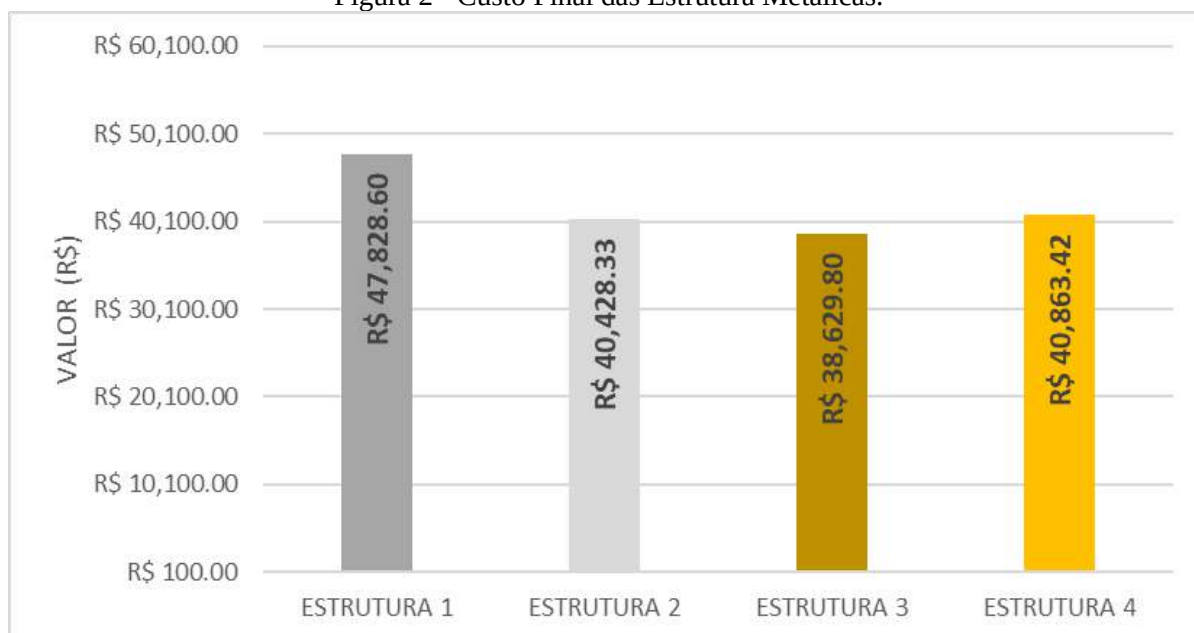
Figura 1 – Custos Finais Estrutura de Concreto Armado.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para as estruturas metálicas, serão apresentados os custos totais de cada modelo estrutural, incluindo perfis metálicos, chapas, soldas, parafusos, porcas e arruelas. Após concluído os quantitativos e custos das estruturas pode-se afirmar que a estrutura 3, é a estrutura mais econômica, com um custo total de R\$ 38.629,80. Pode-se afirmar que o modelo estrutural, influenciou de modo significativo no consumo dos materiais, pois para os diferentes modelos, foram utilizadas locações de pilares e vigas diferentes, com isto o modelo 3, foi o que apresentou a estrutura mais econômica. A estrutura 3, apresentou uma economia em relação as demais de aproximadamente, 19,23% em relação a estrutura 1, 4,45% em relação a estrutura 2 e 5,47 % em relação a estrutura 4.

Figura 2 - Custo Final das Estrutura Metálicas.

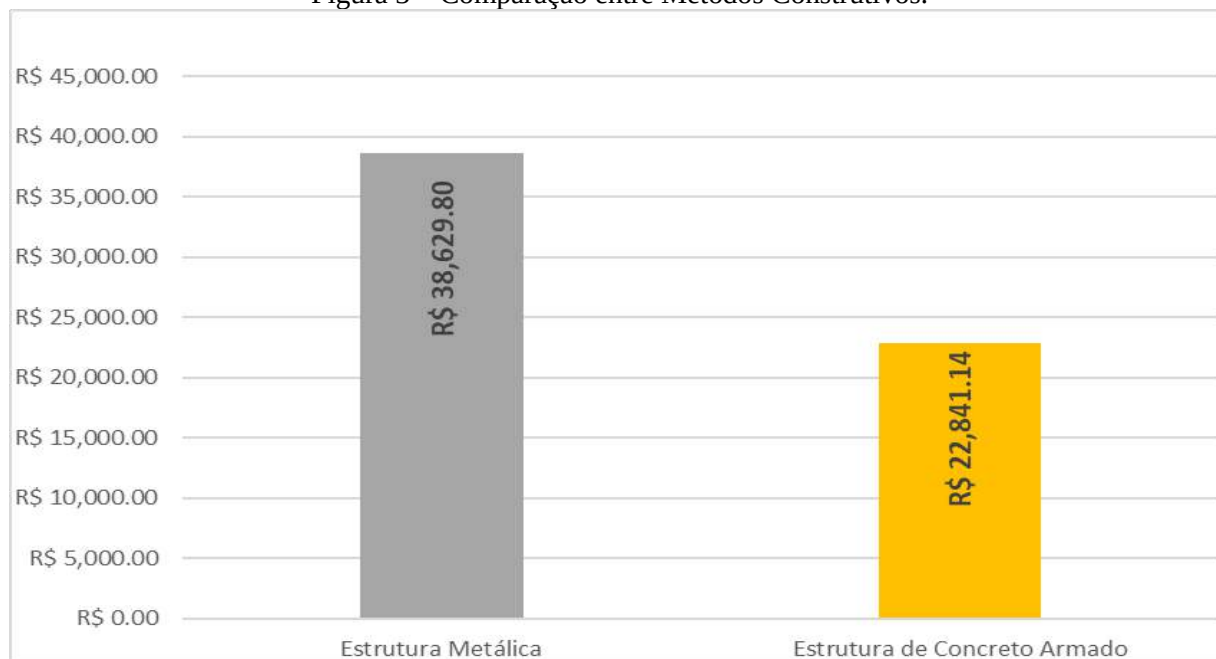


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na comparação entre os dois métodos, foi pego o modelo estrutural mais econômico de cada método construtivo, com isto pode-se observar que o modelo estrutural 4 de concreto armado é cerca de 40,87 % mais barato em relação ao modelo estrutural 3 da estrutura metálica.

Deve-se observar que para esta comparação, não foram consideradas fundações, estas que podem influenciar de forma significativa no custo final de uma estrutura, também para fins construtivos, deve-se considerar fatores como, mão-de-obra, tempo de execução e equipamentos a serem utilizados em cada método construtivo.

Figura 3 – Comparação entre Métodos Construtivos.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

CONCLUSÕES

Com a análise dos resultados obtidos no desenvolvimento deste estudo, pode-se concluir que os objetivos iniciais para as estruturas metálica e de concreto armado foram alcançados, com a análise dos diferentes modelos estruturais foi possível demonstrar a grande importância da concepção estrutural.

Tanto para a estrutura de concreto armado quanto para a metálica, a qual foi realizado o estudo para a primeira etapa do trabalho, as diferenças podem ser notadas, no entanto por se tratar de uma estrutura de pequeno porte as diferenças foram pequenas, mas salienta-se que estas pequenas diferenças são muito importantes nos custos final de uma estrutura.

Para a estrutura de concreto armado, pode-se afirmar que estrutura 4 foi a mais econômica, apresentando uma diferença de 12,11% em relação a estrutura 1, 7,84% em relação a estrutura 2 e 11,52% em relação a estrutura 3. Já para a estrutura metálica, a estrutura 3 foi a mais econômica, em comparação com as demais estruturas, está apresentou uma economia de aproximadamente, 19,23% em relação a estrutura 1, 4,45% em relação a estrutura 2 e 5,47 % em relação a estrutura 4.

Na comparação final entre os dois métodos construtivos, é possível afirmar que a estrutura de concreto armado é mais econômica em termos de materiais. Comparando todos os modelos estruturais, foi escolhido o modelo mais econômico de cada método e pode-se afirmar que a estrutura de concreto é cerca de 40,87% mais econômica que a estrutura metálica.

Salienta-se também que para obter um orçamento completo dos custos de uma obra, deve-se considerar os elementos de fundações e todos os elementos que podem impactar no custo da estrutura, como mão de obra, tempo de execução, materiais utilizados. Outro fator importante abordado neste estudo foi a mobilidade do local, onde o mesmo apresenta grande circulação de pessoas no dia a dia, fator este que deve ser considerado no momento da escolha do método construtivo.

REFERÊNCIAS

ALVA, G.M.S. **Concepção estrutural de edifícios em concreto armado**. 2007. Disciplina de Estruturas de Concreto – Departamento de Estruturas e construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ETERNIT. **Catálogo técnico – Soluções construtivas Eternit**. São Paulo: 2014. Disponível em: <http://www.esplane.com.br/pdf/catalogo_brasilit_painel_wall.pdf> Acesso em: 18 mar. 2018.

EUCATEX. **Sistemas de divisórias Divilux**. Disponível em: <http://www.eucatex.com.br/uploads/arquivos/manual_divisorias_divilux.pdf> Acesso em: 18 mar. 2018.

FABRIZZI, M.A. **Contribuição para o projeto e dimensionamento de edifícios de múltiplos andares com elementos estruturais mistos aço – concreto**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

MAIA, J.P.R. **Otimização estrutural: estudo e aplicações em problemas clássicos de vigas utilizando a ferramenta Solver**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****EXECUÇÃO DE VIGAS E LAJES: ANÁLISE DE
RECEBIMENTO, LANÇAMENTO E ADENSAMENTO DE
CONCRETO DOSADO EM CENTRAL, EM OBRAS RESIDENCIAIS DE ERECHIM-RS.****Aluno: Antonio Augusto Toniolo
Orientador: Gilson Francisco Paz Soares****INTRODUÇÃO**

Os últimos anos do cenário brasileiro trouxeram muitas incertezas econômicas e falta de estruturação política. Com isso, construtoras acabam por ter que minimizar gastos com obras, deixando muitas vezes a desejar no quesito qualidade, principalmente no que se refere à inspeções e identificação de não conformidades que, ao longo do tempo, podem comprometer as edificações, reduzindo a qualidade, a eficiência e a segurança das mesmas. Nestas condições tornam-se suscetíveis ao surgimento de manifestações patológicas, que podem ser originadas a partir da deficiência na inspeção de qualidade, da execução dos serviços e, ineficácia de treinamento de mão-de-obra, resultando no não cumprimento dos requisitos de execução prescritos em normas e literaturas do ramo da construção civil. Neste contexto, o presente trabalho busca de modo geral analisar as circunstâncias no recebimento, lançamento e adensamento do processo de concretagem de vigas e lajes em obras residenciais da cidade de Erechim - RS, Brasil, de forma a realizar uma pesquisa de campo, mostrando as conformidades e não conformidades e, no caso das não conformidades, designar sua relação direta ou indireta com possíveis implicações patológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Segundo Neville e Brooks (2013, p.02), “[...] o concreto é qualquer produto ou massa produzida a partir do uso de um meio cimentante”. Geralmente esse meio é o produto da reação entre um cimento hidráulico e água, em que o cimento é considerado o principal material, com os agregados cumprindo papel de enchimento mais barato. E, comentam ainda, que é mais fácil explicar o que é um concreto ruim do que um bom concreto. Cita-se que o concreto ruim, infelizmente, é um material muito comum em construção. “Entende-se uma substância com consistência similar a uma sopa, que endurece com o aspecto de uma colmeia, não homogêneo e fraco. Esse material é produzido simplesmente pela mistura de cimento, agregados e água [...]” (NEVILLE; BROOKS, 2013, p.02). A metodologia empregada para identificação dos requisitos de cumprimento das normativas na análise do recebimento, lançamento e adensamento do concreto, foi a inspeções *in loco*. Primeiramente foi efetuado um embasamento teórico, buscando referências na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a fim de estabelecer parâmetros sobre as conformidades normativas. Posteriormente, foi elaborada uma planilha nomeada de planilha teste, aonde essa foi submetida a teste iniciais. Tais testes de aferição foram realizados em uma inspeção teste, *in loco*, tendo por propósito, a construção da planilha definitiva. Neste momento foi possível proceder 7 inspeções em

edifícios comerciais ou residenciais, com mais de 4 pavimentos, localizados na região central da cidade de Erechim/RS. As inspeções ocorreram nos pavimentos com lajes e vigas concretadas no momento da visita. Foi possível analisar os resultados e associar as não conformidades visualizadas nas obras com as possíveis e prováveis manifestações patológicas que podem ocorrer devido à má realização dos requisitos citados posteriormente. A Fig. 1 ilustra de forma geral a metodologia empregada no trabalho.

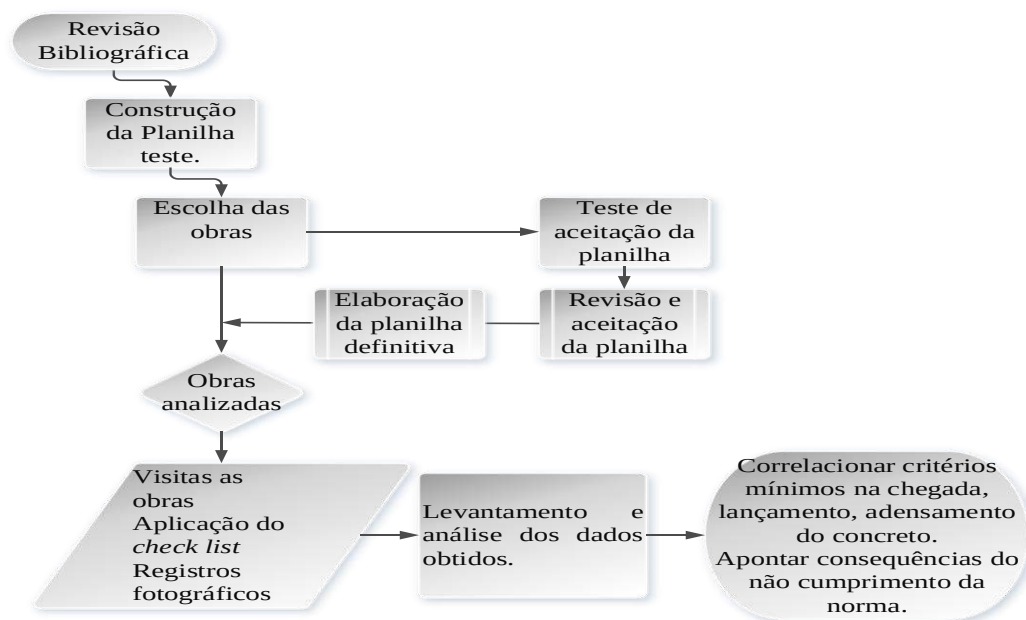


Figura 1 – Esquema da metodologia adotada

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Cada obra inspecionada teve seus devidos dados anotados em uma planilha de inspeção e transcritos para gráficos. Então, foi discutido e analisado cada item da planilha, como: conforme (realizado seguindo à risca as normativas); não conforme (realizado, mas não seguindo as normativas) e não realizado (procedimento não realizado no processo de execução).

Fôrmas

Os dados contidos na Fig. 2 mostram que 100 % das obras inspecionadas apresentavam uma conforme umidificação das fôrmas, a fim de evitar a perda vertiginosa de umidade do concreto evitando fissurações plásticas. No entanto quando da análise da limpeza, essa em 42,86% das obras eram realizadas não conforme, aonde no interior das fôrmas se encontrava restos de serragem, pedaços de madeira e até um recipiente de marmitas utilizadas na refeição dos colaboradores. Esses tipos de problemas geram preocupação, pois esses resíduos encontrados no interior das vigas causam perda de seção da mesma, diminuindo a sua resistência calculada e podendo ainda causar naquele ponto específico, uma concentração de tensões, que vai acabar por gerar fissuras ou até o colapso, em casos mais graves.

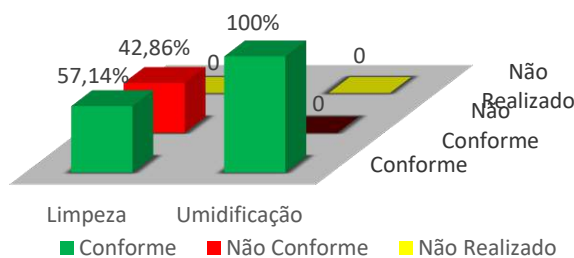


Figura 2 - Fôrmas

Espaçadores na ferragem

A utilização de espaçadores afim de garantir o cobrimento mínimo não chegou a ser satisfatória, visto que 57,15% das empresas ainda se mostraram deficientes nesse aspecto. Apesar de ser um pequeno investimento, o uso de espaçadores traz inúmeras vantagens, como, a durabilidade e a integridade da armadura de aço. O concreto praticamente não se altera com o tempo, mas o aço é um elemento sensível ao meio ambiente, enferruja, ocasionando perda de seção, se o gradil for pouco recoberto. Qualquer perda de espessura de camada de cobrimento pode gerar uma diminuição considerável na vida útil da armadura. A Fig. 3 mostra o resultado das inspeções referentes a este item.

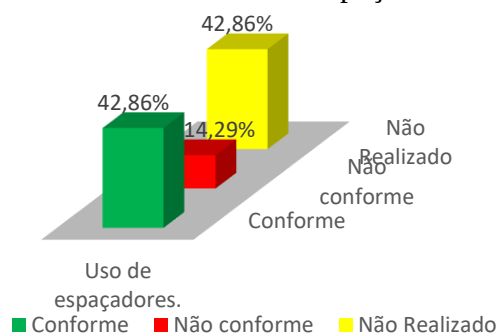


Figura 3 – Espaçadores na ferragem

Conferência de pré-concretagem

Estas verificações se fazem importantes tendo em vistas que a concreteira pode trocar caminhões de uma obra pra outra (alterando a resistência) e também evitar desvio de concreto. A Fig. 4 apresenta resultados obtidos:

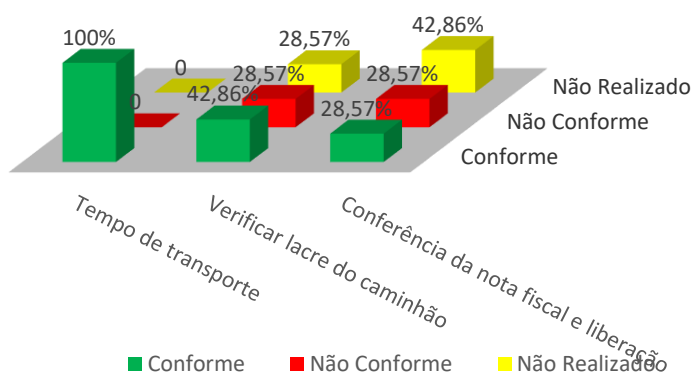


Figura 4 – Central de Produção.

Conferência do concreto (*slump test*)

Das 7 obras analisadas, em apenas uma (14,29%), foi realizado o *slump test*. Em alguns casos relata-se que o “*slump test*” é realizado antes de sair da concreteira e, ao chegar a obra é analisado visualmente na experiência do motorista, normalmente fazendo adições de água para corrigir sua trabalhabilidade. Neste caso, o aumentado empírico da relação água/cimento pode trazer prejuízos à resistência do concreto. A Fig. 5 mostra os resultados obtidos.

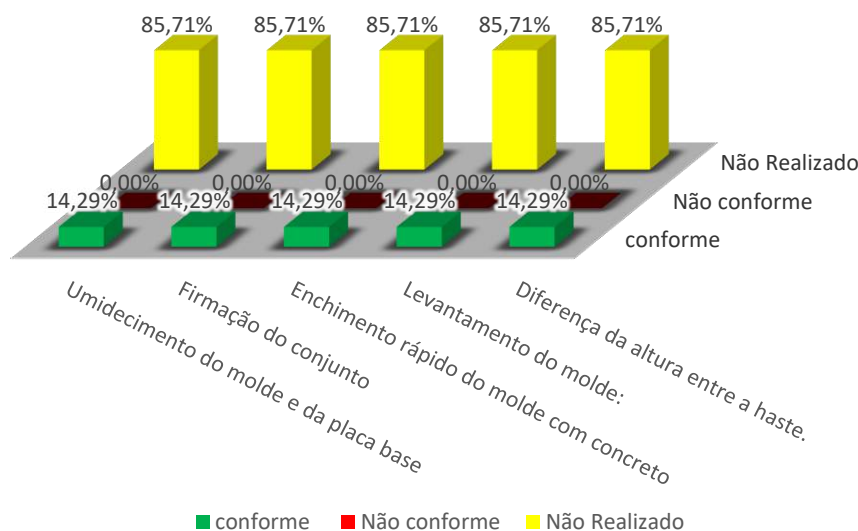
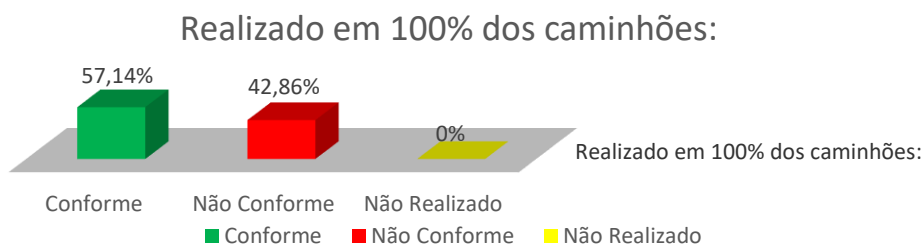


Figura 5 – Conferência do concreto (*slump test*).

Moldagem dos corpos de prova

Em determinado momento, notou-se a necessidade de adicionar um novo item a planilha definitiva, visto que, em determinadas obras não era realizada a moldagem dos corpos de prova em 100% dos caminhões. Adicionou-se então o item “moldagem realizada em 100% dos caminhões”. Notou-se que 42,86% das obras não atendiam esse requisito e, portanto, o concreto era depositado sem qualquer caracterização do mesmo. Quanto a realização dos ensaios, a aplicação de desmoldante aconteceu em quantidade inferior a 6 moldes (2 moldes para os 3 dias de cura, 2 para os 14 dias, e os outros 2 para os 28 dias). Neste caso, normalmente eram retirados de 2 a 3 moldes. É essencial a retirada de 6 corpos de prova (CPs) pois tem-se assim dois CPs para cada data de cura, tendo prova e contraprova dos resultados. Quanto ao posicionamento dos moldes, ocorreram sobre superfícies irregulares, sendo que, em um dos casos foi realizado sobre a própria bomba lança. Devido à importância deste procedimento, pra ter a noção exata da resistência do concreto, os procedimentos estão longe de serem os ideais. Dificilmente o construtor irá ter um discernimento real sobre a resistência do concreto recebido. Os resultados estão apontados na Fig. 6.



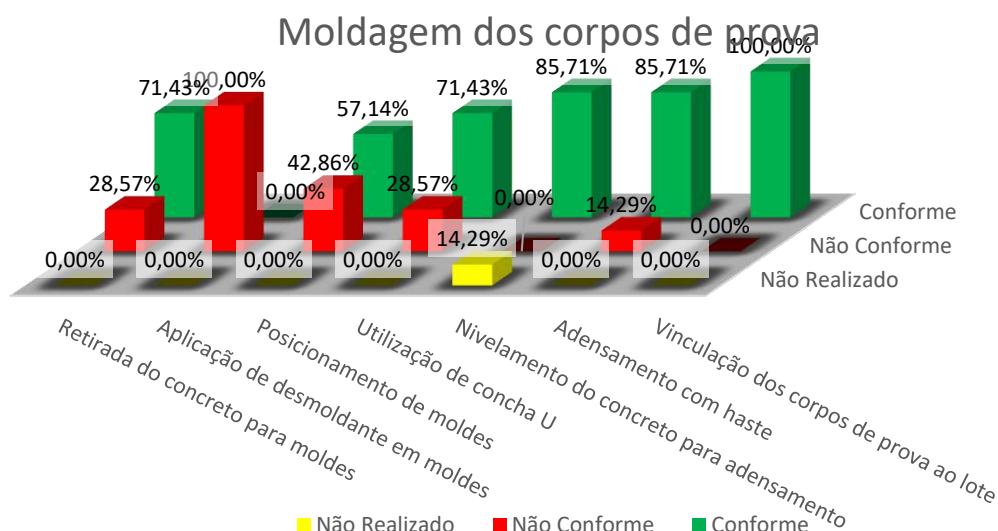


Figura 6 – Corpos de prova

Mapeamento do concreto

O resultado deste item se fez muito preocupante, uma vez que este documento identifica em qual parte da estrutura o concreto de cada caminhão betoneira foi lançado. Assim, caso haja problema na qualidade desse material, o engenheiro saberá quais partes foram afetadas, evitando que toda a estrutura seja condenada, caso existir algum problema com o concreto. Dependendo do local pode-se tolerar, mas há regiões críticas da estrutura que precisam ser reforçadas ou, em caso extremo, demolidas e refeitas. No cenário encontrado, conforme mostra Fig. 7, se os testes nos corpos de prova não atingirem a resistência ideal, será mais difícil para o construtor encontrar esse concreto na obra, tendo por consequência a condenação da laje, ou investimentos com teste como esclerometria.

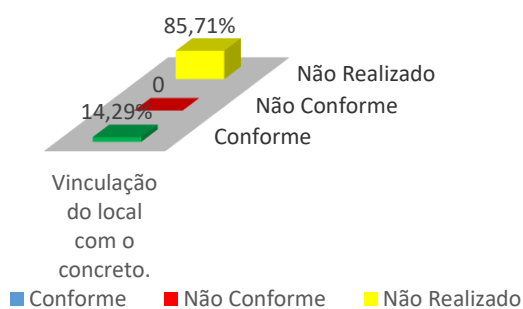


Figura 7 – Mapeamento do concreto

Lançamento do concreto

Neste item, em 100% das obras, o concreto foi lançado de forma uniforme, sem grandes acúmulos sobre as fôrmas. A Fig. 8 apresenta os resultados deste item:

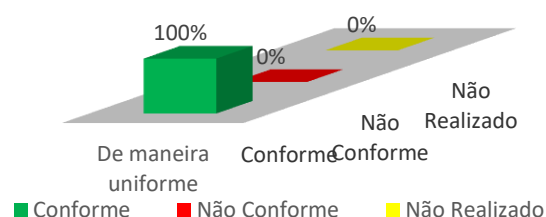


Figura 8 – Lançamento do concreto

Adensamento

O adensamento do concreto foi realizado em 100% das obras, mas em poucas circunstâncias a execução era de acordo com as normativas. A posição vertical do vibrador e o tempo de vibração eram pouco respeitados. Muitas vezes utilizava-se ele na posição horizontal sobre a laje e em tempos de vibração menores que 5 segundos. Isto gera uma má vibração ao mesmo, facilitando o aparecimento de implicações patológicas, como ninhos de concretagem. Mas o item mais preocupante foi vibrador tocando na armadura, em que, em 100% das obras isto ocorreu. Isso acaba por prejudicar a aderência do aço com o concreto. A Fig. 9 apresenta os dados coletados.

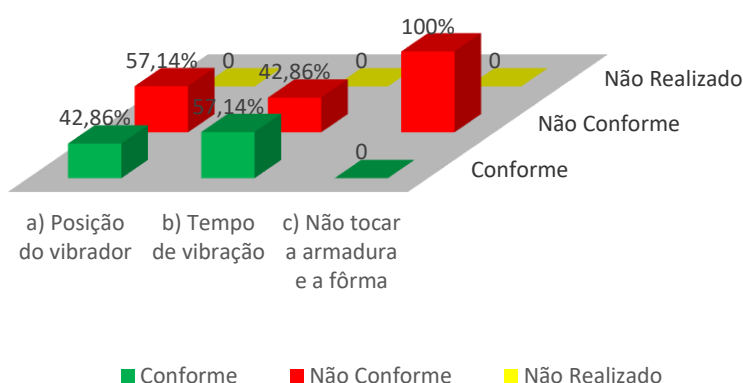


Figura 9: Adensamento

CONCLUSÕES

O presente trabalho objetivou analisar o processo de recebimento, lançamento e adensamento de concreto de vigas e lajes em obras residenciais da cidade de Erechim – RS, Brasil, realizando uma pesquisa de inspeção em obras e detectando conformidades e não conformidades, bem como, implicações patológicas que podem ser ocasionadas em decorrência das não conformidades na execução da concretagem.

Os resultados observados através indicam um grau elevado de não conformidades e/ou não realização. Em consequência, vislumbra-se a possibilidade de ocorrência, de manifestações patológicas como, por exemplo, corrosão da armadura, fissuras, ninhos de concretagem, que, invariavelmente poderá acarretar danos econômicos, ambientais, sociais e de segurança aos usuários.

Como uma solução, para minimizar a aparição de manifestações patológicas nas edificações, aponta-se, essencialmente: planejamento eficaz nas etapas do pré projeto, projeto, execução e manutenção predial; qualificação da mão de obra e escolha de materiais de consagrada eficácia. Para corroborar com as ideias aqui expostas, Piancastelli (2014) aponta que a desqualificação dos colaboradores das empresas construtoras é o principal aspecto de incidência e origens de manifestações patológicas.

Julga-se que a proposta metodológica empregada neste trabalho foi satisfatória, pois possibilita fornecer subsídios para tomada de decisões empresariais que podem elevar a qualidade dos serviços prestados por empresas de construção civil, tornando-as mais competitivas no mercado.

REFERÊNCIAS

NEVILLE, A. M; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2 eds. São Paulo, Bookman, 2013.

PIANCASTELLI, Élvio Mosci. **Patologias do concreto**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto_6160_10_0>. Acesso em: 18 agosto de 2018.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

Revestimento de fundo para aterros de resíduos sólidos

Carmen Maria Radeski

Orientador: Suelen Vanzetto



RESUMO

Os aterros sanitários são de extrema importância para receber toda a demanda dos diversos resíduos produzidos pela população. Com a produção de lixo cada vez maior, o desafio é descobrir novas tecnologias para conciliar a destinação correta do lixo e a legislação ambiental. Entre estes desafios estão os tipos de materiais a serem utilizados e quais tipos de aterros possuem melhor eficiência, em relação aos efluentes oriundos de aterros e gases que possam contaminar o meio ambiente.

Palavras-chave: Efluentes. Geossintéticos. Resíduos. Meio Ambiente.

1 INTRODUÇÃO

Aterro Sanitário

Araújo (2014), considera que o aterro sanitário é o único método tecnicamente adequado para disposição final de rejeitos e que deve ser aliado a determinadas ações e políticas – como incentivo à reciclagem e reuso de materiais – de forma a otimizar o correto destino do lixo gerado.

As principais vantagens do uso de geossintéticos em aterros sanitários estão relacionadas à economia, à facilidade de instalação, à alta produtividade e à sua grande versatilidade de uso uma vez que possui características drenantes, impermeabilizantes, de separação, contenção, proteção, entre outras aplicações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Geossintéticos

Segundo Bueno (2004), os geossintéticos são constituídos essencialmente por polímeros e, em menor escala, por aditivos. No geral, são utilizados produtos sintéticos derivados do petróleo, fibras naturais, além de uma grande variedade de outros materiais que são agregados aos geocompostos. Os principais polímeros utilizados na fabricação dos geossintéticos são o polietileno, o poliéster, o poliestireno, a poliamida, o polipropileno e o polivinil clorado.

2.2 Geocélula

A geocélula caracteriza-se por ser um produto com estrutura tridimensional aberta, constituída de células interligadas, que confinam mecanicamente os materiais nela inseridos, com função predominantemente de reforço e controle de erosão (VERTEMATTI, 2009).

2.3 Geocomposto

Segundo Vertematti (2004), geocomposto é um produto industrializado formado pela superposição ou associação de um ou mais geossintéticos entre si ou com outros produtos, geralmente concebido para desempenhar uma função específica. O objetivo de tais combinações é agrupar as características desses materiais, melhorando as funções dos mesmos.

2.4 Geogrelhas

As Geogrelhas são usadas como elemento de reforço em obras geotécnicas e de proteção ambiental. A característica principal das Geogrelhas é que a abertura da sua malha é grande o suficiente para permitir o entrosamento das partículas do solo ou do material granular em contato com a mesma, proporcionando uma boa interação do conjunto. Para que isto ocorra, tanto os fios, que formam os elementos transversais e longitudinais da Geogrelha, como os nós cruzamento destes dois elementos, deverão ter a rigidez e a resistência à tração adequada para haver o mecanismo de interação. Este mecanismo se dá através do Inter travamento entre o material de contato, que penetra no interior da malha, tracionando os elementos transversais, os quais transmitem a carga para os elementos longitudinais, através dos nós (GEOCAM SOLUÇÕES AMBIENTAIS, 2016).

2.5 Geomembrana

A geomembrana aumenta o volume de armazenamento de lixo no aterro e conseqüentemente seu tempo de utilização. A aplicação da manta de geomembrana de PEAD impede que o chorume, líquido altamente agressivo produzido pela decomposição do lixo doméstico, entre em contato com o solo e, conseqüentemente, contamine o lençol freático. O material é coletado pelos sistemas de drenagem e encaminhado às estações para que seja devidamente tratado. (PANCINI, 2015)

2.6 Georredes

Bathurst (2013), aponta que as georredes possuem estrutura tridimensional com grande volume de vazios e principal aplicação em drenagem, pois conseguem propiciar grandes vazões apesar da pequena seção transversal. É comum seu uso em conjunto com outros geossintéticos formando os geocompostos.

2.7 Geotêxteis

Os geotêxteis podem agrupar-se essencialmente em dois grandes grupos, tecidos e não-tecidos. Um geotêxtil tecido obtém-se por entrelaçamento, geralmente em ângulo reto, de dois filamentos, de vários feixes de filamentos ou em bandas. Os geotêxteis não-tecidos são materiais permeáveis constituídos por fibras orientadas direccional ou aleatoriamente e ligadas numa estrutura plana. (GOMES, 2001)

Ainda segundo a autora, esta ligação pode ser obtida por processos mecânicos entrelaçamento dos filamentos provocados por agulhas, designando-se neste caso de agulhagem, químicos - a ligação é feita por colagem das fibras utilizando resinas ou emulsões, ou térmicos – 30 em que a ligação é feita por fusão parcial das fibras conseguida pela ação conjunta da pressão e temperatura exercida por dois rolos aquecidos. De acordo com Gomes(2011), os geotêxteis podem ser constituídos por fibras têxteis, sendo estas de dois tipos: naturais e químicas. As fibras naturais (lã, seda, algodão, linho, amianto, etc.), só muito raramente são empregues, dado o seu comportamento biodegradável. De entre as químicas destacam-se as fibras de polímeros sintéticos que são as mais utilizadas na fabricação de geotêxteis e dos produtos afins.

3 DISCUSSÃO

Geocélula: é ideal para aplicação em revestimento de canais, proteção de margens, controle de erosão, revegetação, pavimentação, pavimentos flexíveis e caminhos provisórios ou definitivos em praias ou dunas de areia. As geocélulas são ideais para fechamento de aterro sanitário, devido a suas características de durabilidade, soldas de alta resistência e estabilidade anti-raios UV, é uma solução que garante uma superfície verde e estável sobre a geomembrana, preservando sua integridade. Sua vantagem como elemento de revestimento em descidas de água em aterros: retenção eficaz do material de preenchimento; rapidez de execução, alta produtividade, limpeza e organização durante a execução da obra, flexibilidade do revestimento – permitindo que acompanhe os recalques do aterro, custo comparativamente inferior às soluções tradicionais.

Geocompostos: O objetivo de tais combinações é agrupar as características desses materiais, melhorando as funções dos mesmos.

As funções básicas desempenhadas pelos geocompostos:

- Separação;
- Reforço;
- Filtração;
- Drenagem;
- Impermeabilização.

Geogrelha: Elevada resistência a tração, elevado módulo de deformidade, baixa suscetibilidade a fluência, durabilidade compatível com a vida útil da obra e elevado grau de interação com o solo envolvente.

Suas aplicações vão das clássicas estruturas de contenção, à estabilização de aterros sobre solos moles, passando por reforços de taludes, fundações, bases de pavimentos, etc.

Suas principais aplicações:

- Reforço em taludes e muros de contenção;
- Separação/ reforço em rodovias não pavimentadas e ferrovias;
- Em conjunto com gabiões para construção de muros reforçados com controle de erosão e encontros de ponte;
- Reforço para execução de aterros sobre solos moles;
- Reforço de pavimento asfáltico;

Geomembrana: A geomembrana aumenta o volume de armazenamento de lixo no aterro e consequentemente seu tempo de utilização. A aplicação da manta de geomembrana de PEAD impede que o chorume, líquido altamente agressivo produzido pela decomposição do lixo doméstico, entre em contato com o solo e, consequentemente, contamine o lençol freático.

- Proporciona controle do percolado e deposição segura dos resíduos;
- Facilidade de construção;
- Produtividade;
- Economia;
- Aumento do volume útil do sistema devido à pequena espessura do material da geomembrana.

Georrede: Possui elevada capacidade de vazão, bem como excelentes resistências mecânicas, química e ao intemperismo, proporcionadas pela composição do produto.

Aplicações:

- Drenagem em Aterro Sanitário e Industrial
- Drenagem sub-superficial em Canais de Irrigação e de Adução
- Drenagem sub-superficial em Lagoas
- Drenagem vertical em muros de arrimo
- Drenagem de água profunda e superficial em rodovias
- Sistema de detecção de vazamentos em sistemas de proteção ambiental
- Proteção mecânica da geomembrana
- Drenagem de campos esportivos
- Drenagem de jardins suspensos
- Drenagem em sistemas de impermeabilização de túneis.

Geotêxtil: são usados para aplicações de separação, proteção, filtração, drenagem,

reforço e controle de erosões. O material funciona de maneira semelhante a um filtro: deixa a água entrar no dreno e bloqueia a passagem de partículas. Com isso, os tubos de drenagem ficam limpos. Sem terra nem areia, a vida útil do dreno será a mesma do geotêxtil.

Geotêxtil Tecido é comumente utilizado em:

- Controle de erosão em margens de rios e encostas vegetadas;
- Drenagem subterrânea;
- Revestimento de reservatórios.

Suas principais características são:

- Resistência à tração elevada;
- Baixa deformação;
- Boa permeabilidade;
- Resistente a ataques químicos.

Geotêxtil Não-Tecido utilizado em:

- Estabilização de subleito;
- Recapeamento de rodovias com pavimento asfáltico;
- Reforço de muros e taludes;
- Reforço em aterros de solo mole;
- Ampla utilização em drenagem e filtragem;
- Como proteção de geomembrana.

Suas principais características:

- Baixo consumo de materiais granulares;
- Maior resistência à ruptura;
- Facilidade e rapidez na execução;
- Baixo custo de implantação;
- Excelente resistência à tração, rasgo e punção.

4 CONCLUSÃO

De acordo com a literatura foi verificado que a vários materiais a serem escolhidos para a impermeabilização de aterros sanitários, cada qual com sua particularidade específica.

A escolha do material a ser utilizado deve ser em função, do tipo de relevo e do tipo de solo o qual o aterro será implantado. O material deve proporcionar que a camada de cobertura possa ter a finalidade de proteger a superfície das células de lixo, evitando a proliferação de odores, permitindo o acesso de máquinas e veículos coletores e evitando a presença de catadores. Os materiais mais

utilizados em aterros no Brasil e a geomanta e geomembrana, que proporciona mais eficácia, no combate a erosão e no aumento da capacidade de armazenagem de cada célula armazenar o rejeito.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15270:3 Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 15812-1 Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Projetos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 15812-2 Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2010.

SANTOS, M. D. F.; CARVALHO, M; BREMM, L. C.; Silva, G. M. Desempenho de prismas e paredes construídas com diferentes geometrias de blocos cerâmicos. In:

DALDEGAN, Eduardo. Manta Geotêxtil: Principais funções e características, publicado em 18 de agosto de 2016. Engenharia concreta. Disponível em <<https://www.engenhariaconcreta.com/manta-geotextil-principais-funcoes-e-caracteristicas/>>

Geotêxteis podem ser usados par drenagem, reforço e separação de camadas. AEC Web. Disponível em < https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/geotexteis-podem-ser-usados-para-drenagem-reforco-e-separacao-de-camadas_11191_0_0>

Classificação dos Geossintéticos. IGS. Disponível em <<https://www.geosyntheticssociety.org/wp-content/plugins/resources/documents/Classification/Portuguese.pdf>>



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

PAREDES DE CONCRETO – ANÁLISE DO USO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR (CBCA) EM CONCRETOS AUTOADENSÁVEIS (CAA).



Drielly Pereira Menosso, Beatriz Schimelfenig e Mariana Zucchi Vargas
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cristina Vitorino da Silva

INTRODUÇÃO

A cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA) é um resíduo originado a partir da queima do bagaço da cana *in natura* em caldeiras para a geração de vapor e é constituída basicamente por dióxido de silício (SiO_2), apresentando desta maneira como potencial aditivo mineral em pastas, argamassas e concretos (CASTALDELLI *et al.*, 2010). Este trabalho analisou a influência do uso da CBCA em paredes de concretos autoadensáveis (PCAA) quando utilizado um teor de 10% de CBCA em substituição parcial ao cimento CPV-ARI. Foram analisadas as propriedades mecânicas de resistência à compressão uniaxial e dureza superficial/esclerometria para concretos com teores de 0 e 10% submetidos à cura úmida e exposta.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada compreendeu duas etapas: a primeira consistiu na caracterização física e química da CBCA através do método de análise DRX e teve como objetivo verificar sua pozolanicidade e seu estado amorfo. Já a segunda etapa consistiu na caracterização do concreto autoadensável bem como na moldagem de 48 corpos de prova cilíndricos nas dimensões de 100x200 mm e de 4 placas de concreto simulando as PCAA nas dimensões de 100x250x250 mm. Para avaliar as características do concreto no estado fresco foram realizados os ensaios do Método do Cone de Abrams (ABNT NBR 15823-2, 2010), Método da caixa L (ABNT NBR 15823-4, 2010) e Método do funil V (ABNT NBR 15823-5, 2010). Por fim, no estado endurecido, foram realizados os ensaios de resistência à compressão uniaxial (ABNT NBR 5739, 2018) e dureza superficial (ABNT NBR 7584, 2012) no concreto aos 28 dias.

Os materiais utilizados para a confecção dos corpos de prova foram: cimento CPV-ARI devido a sua alta resistência inicial e desforma rápida sendo seu uso recomendado em paredes de concreto, areia fina natural de origem quartzosa como agregado miúdo, agregado graúdo de origem basáltica contido na zona granulométrica 4,75/9,5, comercialmente conhecido como brita 0, sílica ativa em um teor de 10% em substituição à massa de cimento, aditivo químico superplastificante, água e cinza do bagaço da cana-de-açúcar, sendo utilizado o traço 1:6 com relação a/c de 0,65 uma vez que este atendeu a resistência desejada (30MPa) com menor consumo de cimento.

Os resultados obtidos passaram por tratamento estatístico visando a eliminação de dados espúrios (considerando coeficiente de variação > 10%), após este tratamento os dados foram analisados estatisticamente pelo método de variância (ANOVA) a fim de determinar os fatores que tiveram influência no resultado do ensaio em questão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ensaio de caracterização química da CBCA pelo método de difração de raios-X pode ser encontrado na Figura 1. A partir de sua análise é possível visualizar a presença de um halo entre $2\theta = 2$ a 20° e entre 32 a 17° que caracteriza a fase amorfa. A partir de $2\theta = 21^\circ$ nota-se uma ocorrência frequente de picos que indicam que a estrutura da CBCA apresenta fases cristalinas. Nos picos mais evidentes $2\theta = 21^\circ$, $2\theta = 26^\circ$ e $2\theta = 29^\circ$ têm-se a presença da fase cristalina de quartzo, consequência do processo de queima, uma vez que a cinza em questão que já havia passado por calcinação à 400°C foi re-calcinada à 700°C , o que acabou acentuando a porosidade da CBCA.

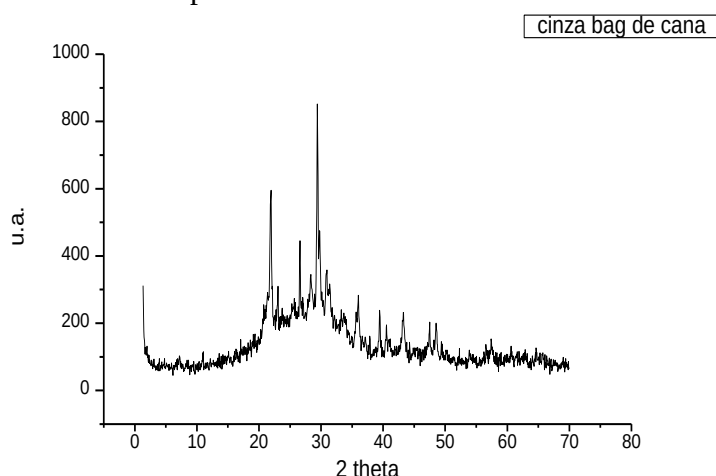


Figura 1 – Resultado da difração de raios-X na CBCA.

Este ensaio é de fundamental importância visto que os materiais pozzolânicos devem conter predominantemente SiO_2 e Al_2O_3 em estado reativo, para reagir com o hidróxido de cálcio na presença de água, formando assim, compostos cimentantes. Para que estes consigam reagir e formar tais compostos, devem se apresentar em estado amorfo pois não ocorre a reação com o hidróxido de cálcio se estes se apresentarem em fases cristalinas.

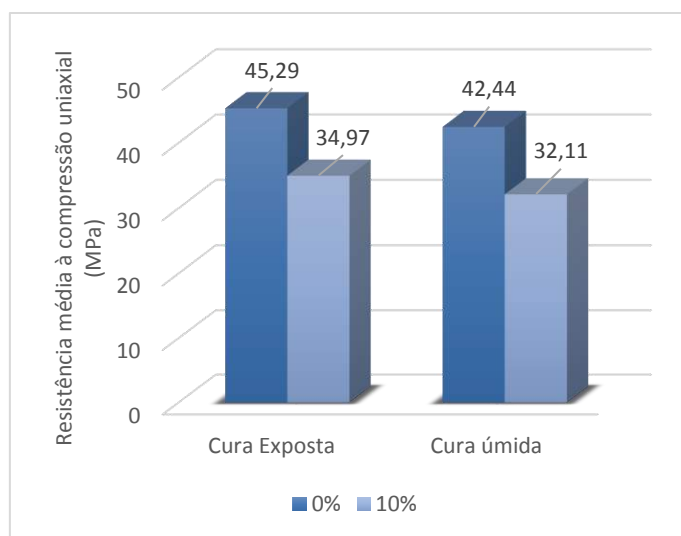


Figura 2 – Compressão uniaxial média.

A Figura 2 apresenta os resultados de compressão uniaxial média após o tratamento estatístico dos dados enquanto a Figura 3 apresenta o gráfico do efeito isolado do teor de substituição, apontado pelo

método de variância (ANOVA) como sendo o fator mais significativo para o ensaio de resistência à compressão uniaxial.

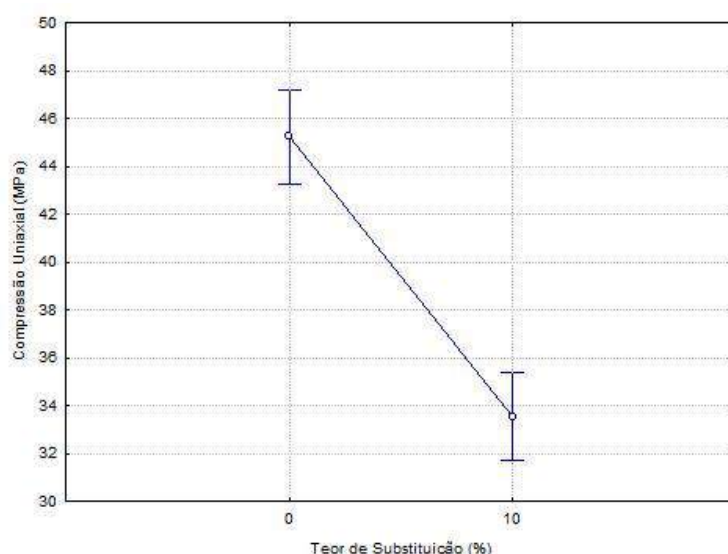


Figura 3 – Efeito isolado do teor de substituição na resistência à compressão.

Analisando a Figura 3, percebe-se uma queda considerável de resistência à compressão uniaxial para o concreto com a presença de CBCA. E estudos anteriores realizados por Sampaio, Souza e Gouveia (2014), Castaldelli *et al.* (2010) e Lima *et al.* (2011) é possível identificar a possibilidade de a resistência do concreto no estudo em questão ter diminuído consideravelmente em relação ao traço referência devido à uma junção de dois fatores principais: baixa reatividade da CBCA aos 28 dias e teor de substituição deficiente para a matriz porosa estudada.

A baixa reatividade aos 28 dias para o teor utilizado é reflexo da menor densidade da CBCA em relação ao cimento Portland causando menor empacotamento das partículas e diminuindo dessa forma a pozolanicidade. Ao encontro deste efeito, tem-se os picos de difração observados na Figura 1. Sabe-se que o cimento Portland contém compostos que com a presença da água dão origem ao processo de endurecimento. Segundo Metha e Monteiro (2008) cada composto de cimento reage com a água, liberando calor e formando cristais correspondentes a cada uma das três fases sólidas principais: fase de silicato de cálcio hidratado (C-S-H), fase de hidróxido de cálcio (CH) e fase dos sulfoaluminatos de cálcio.

Para Neville (1997) as condições de resistência alcançadas pelo concreto são relacionadas às máximas condições de compacidade alcançadas, quando no adensamento. Kumayama (2014) frisa que, este aspecto é ainda mais importante para o caso dos concretos autoadensáveis, visto que, o adensamento deste tipo de concreto é realizado unicamente em função de seu peso próprio. Como a massa específica da cinza utilizada era menor do que a massa específica do cimento, há a possibilidade deste peso próprio não ter sido suficiente para tornar o concreto em questão compacto de forma satisfatória, prejudicando desta maneira sua compressão uniaxial.

Os resultados obtidos vêm de encontro ao observado por Paiva (2016) que ao analisar a durabilidade de concretos contendo cinza do bagaço da cana-de-açúcar constatou queda nos valores de resistência à compressão até a idade de 180 dias para as combinações de concreto de alto desempenho que continham 10% de cinza em sua mistura, havendo pequena elevação da resistência apenas aos 365 dias. O referido autor observou ainda, que as diferenças nos valores de resistência entre os concretos contendo CBCA e o concreto referência reduziram com o tempo, indicando que a cinza apresenta uma atividade pozolânica lenta.

Drielly Pereira Menosso, Beatriz Schimelfenig e Mariana Zucchi Vargas.
Parede de Concreto – Análise do uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA) em concretos autoadensáveis (CAA).

Levando em consideração o que foi exposto acima, o teor utilizado neste estudo não apresentou índice de pozolanicidade suficiente aos 28 dias para que houvesse a ocorrência do “efeito filler”, impedindo desta forma que o hidróxido de cálcio reagisse com o material em questão, diminuindo assim a resistência do concreto analisado.

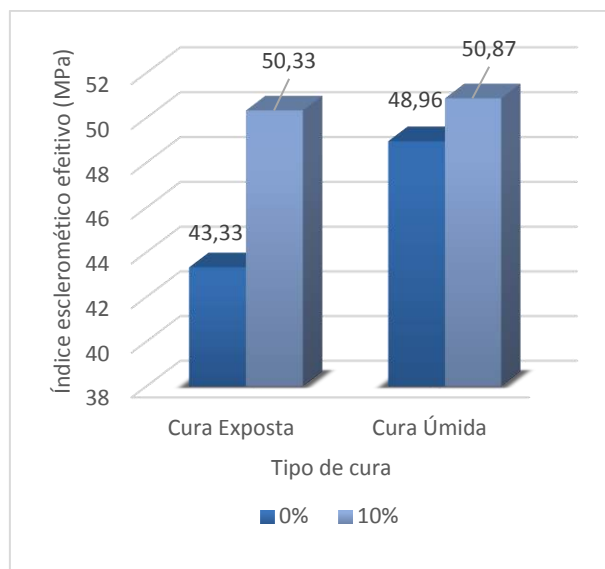


Figura 4 – Índice esclerométrico efetivo.

A Figura 4 compara o índice esclerométrico efetivo para cada uma das combinações estudadas. Ao realizar uma análise da Figura 4 percebe-se um aumento significativo no índice esclerométrico efetivo para as combinações que utilizaram a CBCA em sua composição, em especial para o concreto com 10% de CBCA submetido à cura exposta. A Figura 5 apresenta o gráfico do efeito isolado do teor de substituição, apontado pelo método de variância (ANOVA) como sendo o fator mais significativo para o ensaio de dureza superficial/esclerometria.

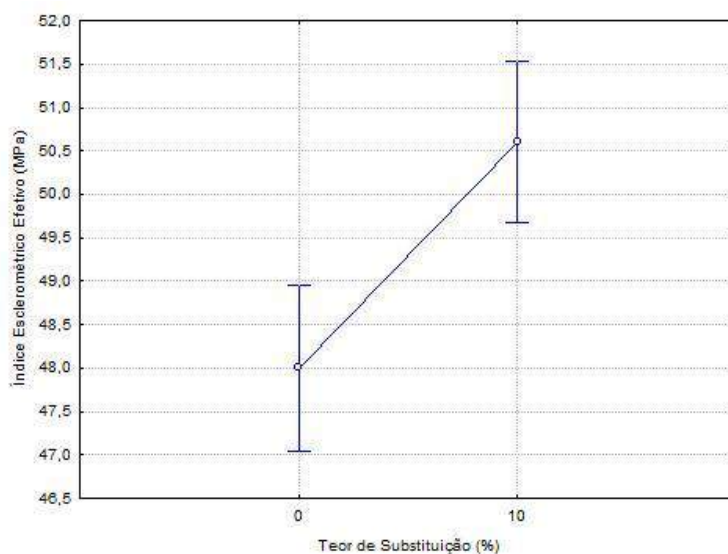


Figura 5 – Fator isolado do teor de substituição no índice esclerométrico efetivo

Observando a Figura 5 percebe-se uma considerável melhora no índice esclerométrico efetivo para os concretos que continham CBCA em sua composição, isso pode ser explicado pela elevada exsudação observada no processo de concretagem que resultou no afloramento da cinza junto com a

pasta de cimento fazendo com que, ao reagir com a água de exsudação, a CBCA oferecesse maior resistência à superfície da placa.

Os resultados obtidos neste ensaio quando comparados aos resultados de compressão uniaxial evidenciam a ineficiência deste ensaio para a determinação da compressão do concreto, por outro lado, revelam que o teor de substituição utilizado influencia positivamente nas propriedades de superfície.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, buscou-se analisar a influência da utilização da CBCA nas propriedades mecânicas do CAA, quando utilizado em paredes de concreto moldadas *in loco*. A partir dos resultados obtidos nos ensaios realizados e posterior tratamento dos dados, foi possível apresentar as conclusões verificadas para as variáveis de resposta propostas, descritas a seguir.

Os concretos que utilizaram a CBCA em substituição parcial do cimento Portland CPV-ARI em um teor de 10% apresentaram, para o ensaio de resistência à compressão uniaxial, menor resistência do que o concreto de referência. Esta resistência inferior deve-se a baixa pozolanicidade aos 28 dias da cinza utilizada além da alta porosidade da mistura o que impediu a ocorrência do efeito filler.

Os resultados obtidos para os ensaios de resistência à compressão uniaxial conferem com o observado por Paiva (2016), que constatou resistências menores para os concretos com CBCA em relação aos concretos de referência até os 365 dias, somente após esta data os concretos com 10% de CBCA passaram a apresentar resultados superiores aos concretos de referência, confirmando que a reatividade da CBCA ocorre de forma lenta. Por este motivo, o autor ressalta que a resistência aos 28 dias é tomada como padrão para produção de estruturas convencionais, porém algumas estruturas sofrem carregamento após 100 dias de idade, como por exemplo, as barragens, o que pode viabilizar a utilização de pozolanas de reatividade lenta, como a CBCA, para redução dos custos de produção dessas estruturas.

Quanto à avaliação da dureza superficial/esclerometria realizada nas placas que simularam as dimensões das paredes de concreto, os resultados obtidos para as combinações que continham CBCA indicam que o tipo de cura exerce mais influência nas propriedades de massa do que nas propriedades de superfície uma vez que, a presença da CBCA provocou um acréscimo considerável na dureza superficial das placas, tanto para a cura úmida, quanto para a cura exposta.

Outro fator a ser observado é a importância do cuidado que se deve ter com a escolha e com o processo de calcinação, moagem e caracterização da CBCA a ser utilizada, uma vez que, cinzas com grande teor de carbono e com a presença de fases cristalinas resultam em um baixo índice de pozolanicidade prejudicando a reação responsável pela formação do silicato de cálcio e dos hidratos de aluminato que juntamente com a hidratação do cimento Portland, conferem o preenchimento de vazios no concreto influenciando diretamente nas propriedades mecânicas do mesmo.

Contudo, é possível concluir que a substituição parcial do cimento Portland por CBCA no teor de 10% não apresentou índice de pozolanicidade e nem efeito filler suficiente aos 28 dias para que houvessem ganhos de resistência mecânica importantes para a matriz, além de que, a re-calcinação do material provocou aumento na porosidade o que, aliado ao alto teor a/c foi responsável por boa parte dos resultados obtidos. Conclui-se ainda que a alta porosidade da CBCA favoreceu o processo de cura interna dos compósitos.

Em relação às paredes de concreto moldadas *in loco* os resultados obtidos neste estudo foram relevantes uma vez que, apesar da resistência à compressão uniaxial do concreto com CBCA ter sido inferior à analisada para o concreto de referência, ela atendeu à resistência necessária para a utilização em PCAA, ficando inclusive 7,03% acima dos 30 MPa requeridos em norma para a combinação C4, que apresentou a pior resistência dentre as combinações que continham CBCA.

Drielly Pereira Menosso, Beatriz Schimelfenig e Mariana Zucchi Vargas.
Parede de Concreto – Análise do uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA) em concretos autoadensáveis (CAA).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739:** Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 7584:** Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **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 15823/5:** Concreto auto-adensável: Determinação da viscosidade – Método do funil V. Rio de Janeiro, 2010.

CASTALDELLI, V. N., *et al.* **Concreto com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar.** In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC, Canela, 2010.

KUMAYAMA, R. **Estudo da viabilidade do emprego do pó de mármore para a produção de concreto autoadensável e substituição parcial dos agregados por pérolas de poliestireno expandido.** Ilha Solteira. 2014, FEIS/UNESP. (Dissertação de mestrado).

LIMA, S. A *et al.* **Concretos om cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão.** 2011 - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

MEHTA, P. K. MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: PINI, 2008. 573p.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto.** São Paulo: Pini, 1997, 828p.

PAIVA, O. A. **Durabilidade de concretos contendo cinza do bagaço da cana-de-açúcar.** 2016. 282 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, COPPE-UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SAMPAIO, Z. L. M.; SOUZA, P. A. B. F.; GOUVEIA, B. G.. Análise da influência das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar no comportamento mecânico de concretos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, Natal, Rn, v. 7, n. 4, p.626-647, ago. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/riem/v7n4/06.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS
EM MATERIAIS E SISTEMAS****AVALIAÇÃO DA FADIGA NAS ARMADURAS E NO
CONCRETO E DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO EM
PONTES DE CONCRETO ARMADO COM DUAS LONGARINAS
RETAS**

Aluno: Elizandra Pires de Matos
Orientador: Neiva Isabel Barbieri Silveira

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de dimensões continentais, com diferentes perfis topográficos, rico em recursos hídricos e com a quinta maior população mundial, tendo 1.563,6 mil quilômetros de malha rodoviária no país, (BIT – 2017).

Observando essas características do país e o constante crescimento da população, percebe-se a necessidade e a importância de obras viárias como pontes, definidas pela NBR 7188:2013 como estrutura sujeita à carga em movimento, com posição variável, utilizadas para transpor um obstáculo natural (rio, córrego, vale, etc.).

As pontes estão sujeitas a variações cíclicas de tensões devido ao tráfego intenso de veículos, tendo sua vida útil diretamente relacionada a estas variações de tensão que após um determinado número de ciclos causam a geração e propagação de fissuras por fadiga tanto no aço, quanto no concreto, podendo levar ao colapso da estrutura.

Com o desenvolvimento do tráfego rodoviário, Belisário (2015), afirma que aumentam as possíveis configurações dos veículos, sujeitando as estradas a acréscimos de peso e volume de tráfego. Essa constante mudança causa preocupações quanto ao dimensionamento de pontes e rodovias que foram projetadas para outra dinâmica de transportes.

A principal preocupação das normas referentes a cargas móveis em pontes rodoviárias ao longo dos anos foi garantir a segurança das obras de arte especiais em seu projeto. As cargas móveis de cálculo apresentadas pelas normas brasileiras para verificações em Estados Limites Últimos - ELU, derivam de uma configuração de veículo presente em antigas normas alemãs, não tendo o intuito de reproduzir com exatidão as cargas reais dos veículos. Este carregamento é também indicado para compor a combinação de ações para verificação de fadiga, conforme Rossigali (2013, apud Belisário, 2015).

Segundo a NBR 6118:2014, a fadiga é um fenômeno associado a ações dinâmicas repetidas, que pode ser entendido como um processo de modificações progressivas e permanentes da estrutura interna de um material submetido à oscilação de tensões decorrentes dessas ações.

Para que estas estruturas possam oferecer segurança e satisfação ao usuário, ao menos durante sua vida útil, é necessário que as normas sejam atendidas e o comportamento dos materiais bem entendidos. Pensando nisso, foram estudadas as normativas brasileiras a respeito da fadiga em estruturas de pontes de concreto armado, e foram propostos modelos com diferentes distâncias entre os pilares e diferentes dimensões de balanço. Os resultados obtidos nesse estudo foram analisados e comparados aos resultados obtidos por Braz (2016).

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foram definidos três modelos de pontes com diferentes balanços/vãos, seguindo sugestão de Braz (2016). Para esses modelos foram dimensionadas as vigas nos Estados Limites Últimos e de Serviço, conforme previsto na NBR 6118:2014; analisados os carregamentos sobre o elemento; definido e analisado o trem tipo que atua sobre a estrutura, seguindo a NBR 7188:2013; e por fim, foi realizada a análise a fadiga em relação ao aço e o concreto em cada modelo proposto, comparando os resultados obtidos nesse trabalho com os resultados obtidos por Braz (2016).

Para a realização deste estudo foram utilizados modelos geométricos de pontes com seção transversal definida pelo DNIT e comprimento dos vãos que correspondem a 97% das pontes e viadutos construídas nas rodovias brasileiras. Para análise dos momentos fletores e envoltória destes para cargas móveis foi utilizado o software Ftool.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

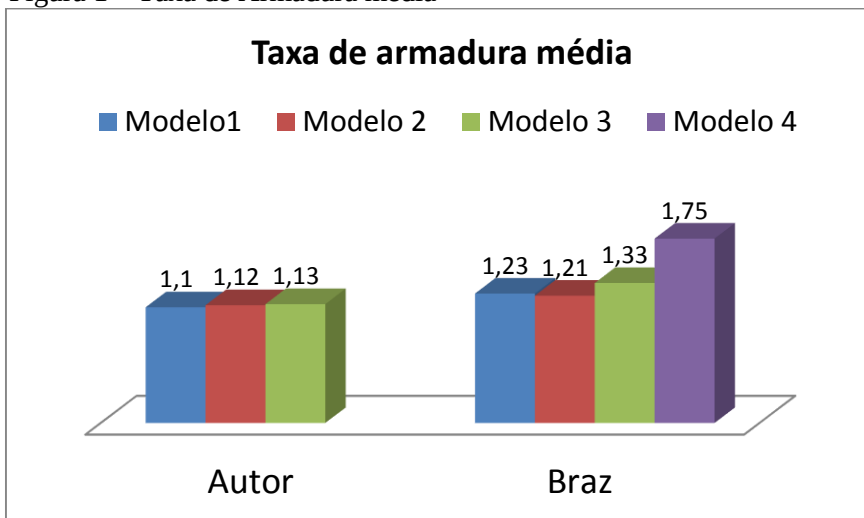
A Tabela 1 e as Figura 1 e 2 apresentam comparativos das taxas de armadura e fatores de fadiga entre os modelos propostos nesse estudo com o estudo de Braz (2016). As taxas de armadura foram calculadas considerando seções retangulares de 60 cm de base e 200 cm de altura, nas seções de apoio, e 50 cm de base e 200 cm de altura, nas seções médias dos modelos.

Tabela 1 - Modelos estudados, em ordem crescente de balanço, com respectivos resultados finais para o fator de fadiga médio ($f \cdot f$) e taxa média de armadura.

Modelo	Balanço/vão	Posição	$\Delta\sigma_s$ (MPa)	$\Delta f_{sd,fad}$ (MPa)	$f \cdot f$	ω	$f \cdot f_{médio}$	$\omega_{média}$
1 – Autor	3/47 (1,5m/23,5m)	Apoio extremo	31,20	185,00	0,169	0,21%	0,352	1,10%
		Seção média	102,20	175,00	0,584	1,28%		
		Apoio central	50,00	165,00	0,303	1,81%		
1 – Braz	1/9 (2,5m/22,5m)	Apoio extremo	67,05	175,00	0,383	0,33%	0,493	1,231%
		Seção média	122,21	175,00	0,698	1,42%		
		Apoio central	65,45	165,00	0,397	1,94%		
2 – Autor	7/43 (3,5m/21,5m)	Apoio extremo	73,10	175,00	0,418	0,53%	0,537	1,12%
		Seção média	128,50	175,00	0,734	1,28%		
		Apoio central	75,50	165,00	0,458	1,54%		
3 – Autor	4/21 (4,0m/21,0m)	Apoio extremo	75,10	175,00	0,429	0,65%	0,585	1,13%
		Seção média	125,10	175,00	0,715	1,28%		
		Apoio central	101,00	165,00	0,612	1,47%		
2 – Braz	1/4 (5,0m/20,0m)	Apoio extremo	75,74	175,00	0,433	0,94%	0,588	1,210%
		Seção média	140,94	175,00	0,805	1,13%		
		Apoio central	86,93	165,00	0,527	1,34%		
3 – Braz	3/7 (7,5m/17,5m)	Apoio extremo	72,57	165,00	0,440	1,88%	0,769	1,328%
		Seção média	178,51	175,00	1,020	1,16%		
		Apoio central	148,00	175,00	0,846	0,95%		
4 – Braz	2/3 (10,0m/15,0m)	Apoio extremo	68,17	150,00	0,454	3,25%	0,844	1,753%
		Seção média	167,88	165,00	1,017	1,20%		
		Apoio central	185,71	175,00	1,061	0,82%		

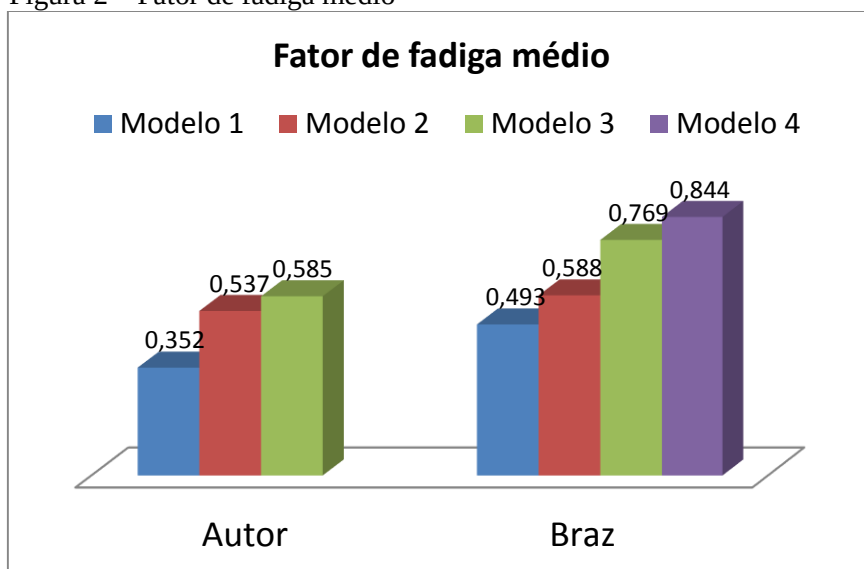
Fonte: AUTOR, 2016.

Figura 1 – Taxa de Armadura média



Fonte: AUTOR, 2018.

Figura 2 – Fator de fadiga médio



Fonte: AUTOR, 2018.

A partir Tabela 1 e das Figuras 1 e 2, reafirma-se o estudo de Braz (2016), de que o fator de fadiga médio das armaduras longitudinais é crescente com o aumento da proporção entre balanço e vão, indicando que o aumento da dimensão do balanço para minimizar as intensidades de momento positivo no vão deve ser feito com cautela, para que não se intensifiquem sobremaneira os efeitos de fadiga nas armaduras de flexão, especialmente nas seções de apoio.

O modelo com a menor taxa de armadura média foi o modelo 1 com relação balanço/vão de 3/47 (1,50m/23,50m), uma vez que para $f.f < 1,0$ não há redução de armadura.

O modelo 4 analisado por Braz (2016) se mostrou inviável tanto no ponto de vista do dimensionamento, com elevadas taxas de armadura (fora do domínio 3 da NBR), quanto na avaliação da fadiga no concreto e no aço, por isso nem foi incluído em nosso estudo.

No entanto, o modelo 1 analisado pelo NBR neste estudo, apesar de apresentar os menores fatores de fadiga seccionais e médio, além da menor taxa de armadura média, e ainda uma taxa de armadura média, levemente inferior as demais, não satisfaz a verificação à fadiga no concreto em compressão, na seção do apoio central.

O modelo 3, desse estudo, com relação balanço/vão de 4/21 (4,00m/21,00m) apesar de apresentar a taxa de armadura média praticamente idêntica ao modelo 2, teve incremento no fator de fadiga médio e também não satisfaz a verificação à fadiga no concreto em compressão, na seção do apoio central.

O modelo 2, deste estudo, com relação balanço/vão 7/43 (3,50m/21,50m) foi o único que atendeu simultaneamente às verificações à fadiga com taxas de armadura média similares.

CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo analisar a fadiga do aço e do concreto em longarinas de pontes de concreto com diferentes vãos e balanços comparando com os resultados obtidos por Braz (2016), realizando para tal uma pesquisa bibliográfica, bem como consulta de normas que regimentam o dimensionamento dessas estruturas.

Como foi visto, é fundamental que em estruturas com cargas cíclicas seja considerado o efeito da fadiga, pois a ocorrência da fadiga leva à excessiva fissuração no concreto, além de fissurações no aço, levando a estrutura à ruptura a uma tensão inferior à de escoamento no aço. Para prevenir essas patologias as verificações normativas devem ser satisfeitas.

Os resultados apresentados indicam que a fadiga das armaduras é diretamente proporcional à proporção entre balanço e vão. Sendo assim, o aumento do balanço com a finalidade de minimizar as intensidades de momento positivo nos vãos deve ser feito com cautela, para que não se intensifiquem os efeitos de fadiga nas armaduras longitudinais. Além disso, balanços muito grandes geram elevadas taxas de armadura de flexão nos apoios extremos, não sendo, portanto, econômicos.

Dentre os modelos estudados por Braz (2016), destacaram-se os modelos 1 (relação balanço/vão de 1/9), 2 (relação de 1/4) e 3 (relação de 3/7), que apresentaram os resultados mais satisfatórios. O primeiro gerou os menores fatores de fadiga, tanto pela NBR quanto pelo Eurocode. O segundo gerou a menor taxa de armadura, segundo procedimentos da NBR, e fatores de fadiga relativos reduzidos. O terceiro, além de taxas superiores de armadura, não satisfaz à verificação do concreto pelo Eurocode. Dentre esses, apenas o modelo 2 satisfaz as verificações do concreto em compressão por ambas normatizações.

Por sugestão de Braz (2016) para trabalhos futuros, realizamos este estudo com modelos de proporção, entre balanço e vão, entre 1/9 e 1/4, nomeados por ele como modelos 1 e 2, seguindo ainda uma metodologia semelhante à adotada por ele, quanto ao dimensionamento das longarinas e verificação do concreto e aço à fadiga. Os modelos 1 e 2 de Braz (2016) representam, respectivamente, valores de balanço/vão com 2,50m/22,50 e 5,00m/20,00m.

Nesse viés, definimos nesse trabalho três modelos para estudo, quais sejam: modelo1 (3/47) com valores de balanço/vão 1,50m/23,50m; modelo 2 (7/43) com relação 3,50m/21,50m e modelo 3 (4/21) com relação 4,00m/21,00m.

Os resultados obtidos em nosso estudo corroboram os resultados e conclusões de Braz (2016). Vejamos: o nosso primeiro modelo com balanço menor que o primeiro modelo de Braz (2016) confirmou a conclusão daquele autor, de que esse modelo seria o mais indicado por apresentar o menor fator de fadiga médio e a menor taxa de armadura média, porém também não satisfaz a verificação à fadiga no concreto em compressão na seção do apoio central. O nosso segundo modelo, com balanço/vão, entre o modelo 1 e 2, mais próximo do modelo 1 de Braz (2016) atendeu simultaneamente às verificações à fadiga do aço e do concreto com pouca alteração na taxa de armadura média. O terceiro modelo definido nesse estudo com valores de balanço/vão entre os modelos 1 e 2 de Braz(2016), mas mais próximos do modelo 2, apresentou valores maiores do fator de fadiga médio mas principalmente também não atendeu a verificação à fadiga no concreto em compressão, na seção do apoio central.

Os modelos estudados tem abrangência para pontes de concreto armado, com duas longarinas retas, com dois vãos contínuos iguais e balanços proporcionais nas extremidades. Pode-se concluir desta pesquisa que a proporção ótima, com menor taxa de armadura média, pela NBR, e segundo menor fator de fadiga médio está entre 1/4 (Braz) e 7/43, aqui apresentado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestre em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. 2 ed. Rio de Janeiro, 2013.

BELISÁRIO, E. S. **Verificação à Fadiga em Pontes Rodoviárias de Concreto Armado no Brasil: Avaliação de Critério Normativo Simplificado**. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica, RJ, 2015.

BIT - **Banco de Informações e Mapas de Transporte**. Ministério dos Transportes. Brasil, 2017.

BRAZ, D. H. L. **Avaliação da Fadiga à Flexão em Pontes Hiperestáticas com Duas Longarinas Retas em Concreto Armado**. Monografia (Graduação). Universidade do Rio Grande do Norte – Centro de Tecnologia – Departamento de Engenharia. Natal/RN, 2016.



COMPARAÇÃO ENTRE O DESEMPENHO DA ARGAMASSA COM AREIA INDUSTRIAL E COM AREIA NATURAL NO ASSENTAMENTO DE BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS



Aluna: Eloise Guzzo

Orientador: Gilson Francisco Paz Soares

INTRODUÇÃO

É constante a preocupação com o meio ambiente em tudo o que se constrói. Pensando nisso e sabendo que a construção civil está entre os maiores poluidores do mesmo, este trabalho traz como objetivo comparar métodos tradicionais do uso de materiais de construção com métodos alternativos que sejam menos prejudiciais ao meio. Neste contexto, apresenta-se neste uma análise dos efeitos da substituição da areia natural por areia industrial, no teor de 100%, proveniente da britagem de rocha basáltica, na argamassa de assentamento de blocos cerâmicos estruturais, comparando com uma argamassa produzida com areia natural.

MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização física e mecânica das areias, bloco, argamassas e prismas foram realizadas no laboratório do curso de engenharia civil da URI – Erechim. Foram utilizados blocos cerâmicos estruturais de 15 MPa, areia natural de rios, areia industrial proveniente da britagem de rocha basáltica, todos da região de Erechim-RS. Os prismas foram confeccionados com dois blocos, assentados com argamassa de traço 1:1:4, com areia natural e com areia industrial, e testados quanto a sua resistência à compressão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na sequência, são apresentados os resultados dos ensaios de caracterização física, geométrica e mecânica dos blocos, físicas das areias, bem como das resistências das argamassas e dos prismas de dois blocos, avaliados com dois tipos de argamassa, uma com agregado miúdo natural e outra com industrial.

Blocos

A caracterização física dos blocos deu-se através da medição das suas dimensões, cujos resultados estão dentro do especificado e aceito por norma, uma vez que as medidas fornecidas pelo fabricante dos blocos são de L=140mm, H=190mm e C=290mm, e a tolerância, de ± 5 mm para L, H e C e de ± 3 mm para as medidas de planeza das faces e do desvio em relação ao esquadro, e para as 15 amostras ensaiadas esses valores estiveram dentro dos limites.

Após, fez-se a caracterização mecânica dos blocos, no qual 3 das 15 amostras ensaiadas tiveram resultados muito discrepantes das demais, e foram desconsideradas, resultando então na resistência característica (f_{bk}) apresentada na Tabela 1.

Tabela 1- Valores de *fbk*.

Blocos	Fbk1 (MPa)	Fbk2 (MPa)	Fbk3 (MPa)	Fbk4 (MPa)	Fbk estimado (MPa)
Cerâmico	7,07	10,66	7,10	7,10	7,10

Portanto, o valor da resistência característica à compressão (*fbk*) encontrado foi de 7,10 MPa. Nota-se que este valor ficou abaixo do valor informado pelo fabricante, que é de 15 MPa. No entanto, como a referência da resistência característica dos blocos serviu como base para a confecção de argamassas com resistência entre 70% e 100% do seu *fbk*, o fato da resistência dos blocos medidas em laboratório serem menores que a informada pelo fabricante em nada irá interferir no trabalho.

Areia natural

- Quanto ao módulo de finura: o valor obtido na caracterização foi de 2,24, ou seja, dentro da zona ótima especificada pela NBR 7211, que varia de 2,2 a 2,9.
 - Quanto à dimensão máxima: a porcentagem de agregado retido na primeira peneira da série deve ser igual ou imediatamente inferior à 5%. Portanto o valor de 2% encontrado para essa areia está dentro do limite especificado pela NBR 7211.
 - Quanto à massa específica: o ensaio permite que o agregado seja calculado de melhor maneira para a elaboração do volume do traço de concreto, sendo que seu valor habitual é de aproximadamente 2,6 g/cm³ e, para esse estudo o valor encontrado foi de 2,63 g/cm³, o que se enquadra nos valores habituais.
 - Quanto à massa unitária: a massa unitária tem grande importância na tecnologia, pois é por meio dela, que se podem transformar as composições das argamassas e concretos dadas em peso para o volume e vice-versa. O valor habitual de massa unitária é de aproximadamente 1,5g/cm³. Assim, o valor de 1,55 g/cm³ encontrado neste estudo está dentro dos valores normais.
 - Quanto ao índice de absorção de água: esse índice não tem valores padrões ou exigidos por norma, mas ele tem fundamental importância na dosagem dos traços das argamassas, visto que com ele é que se define a quantidade de água utilizada na mistura, interferindo diretamente na resistência. O valor de 0,47 % encontrado neste estudo é um valor comumente encontrado para areias naturais.
- Pelos dados obtidos na caracterização da areia natural, uma parte dela fica dentro da zona ótima e outra parte dentro da zona inferior utilizável, segundo a NBR 7211. No que se diz respeito a classificação, ela é uma areia media fina, visto que os limites para areia fina são de $2,2 < MF < 2,9$ e para médias $1,5 < MF < 2,2$. Observou-se que a areia caracterizada neste estudo ficou no intermédio das duas.

Areia industrial

- Quanto ao módulo de finura: O valor obtido pela caracterização, 3,04, está dentro da zona utilizável superior especificada pela NBR 7211, que varia de 2,9 a 3,5.
- Quanto à dimensão máxima: a porcentagem de agregado retido na primeira peneira da série, deve ser igual ou imediatamente inferior à 5%. Neste caso não ficou material retido, de acordo, portanto com o limite especificado pela NBR 7211.
- Quanto à massa específica: o ensaio permite que o agregado seja calculado de melhor maneira para a elaboração do volume do traço de concreto, sendo que seu valor comum é em torno de 2,6 g/cm³. O valor encontrado nesse estudo foi de 2,87 g/cm³, ficando próximo dos valores habituais.
- Quanto à massa unitária: a massa unitária tem grande importância na tecnologia, pois é por meio dela, que se podem transformar as composições das argamassas e concretos dadas em peso para o

volume e vice-versa, o valor comum é de aproximadamente $1,55 \text{ g/cm}^3$. Neste ensaio, o valor encontrado foi de $1,53 \text{ g/cm}^3$, próximo também próximo do valor normal.

- Quanto ao índice de absorção de água: esse índice não tem valores padrões ou exigidos por norma, mas ele tem fundamental importância na dosagem dos traços das argamassas, visto que com ele é que se define a quantidade de água utilizada na mistura, interferindo diretamente na resistência. Para esse caso o valor encontrado foi de 3,22 %, o que mostra que o material possui um alto valor de absorção, o que acarretará em maior consumo de água na dosagem da argamassa.

Com os dados obtidos na caracterização da areia industrial pode-se observar que parte está presente na zona ótima e a outra parte está presente a zona utilizável superior e também fora das zonas. No que se diz respeito a questão granulométrica, a NBR 7211 especifica como areia fina valores de $2,2 < MF < 2,9$ e para médias $1,5 < MF < 2,2$, ou seja, em primeiro momento pode-se concluir que a areia industrial seria caracterizada como uma areia média grossa, visto que o módulo de finura foi de 3,04. Desta forma pode-se previamente dizer que é possível se trabalhar com a areia industrial na argamassa, porém, como a mesma tem um teor de finos maior que a areia natural e, por consequência, uma absorção de água maior, é possível que argamassas com substituição de 100% de areia industrial requeiram uma quantidade maior de água de amassamento, o que pode diminuir a resistência da mesma e provocar possíveis fissuras no estado endurecido.

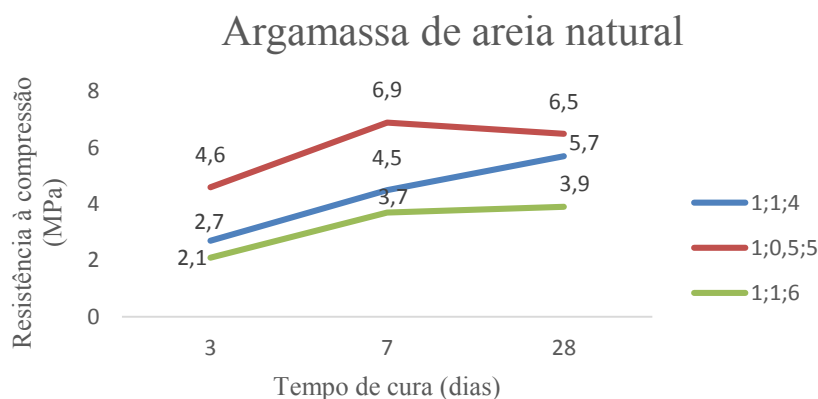
Argamassa de areia natural

Foram produzidos três diferentes traços de argamassas, para dentre essas escolher a que possuísse o valor de resistência a compressão entre 70 e 100% do *fbk* do bloco segundo estudos de Mohamad *et al* (2002). Os valores de índice de consistência de cada traço estão descritos na Tabela 2, bem como os valores de resistência a compressão, de cada uma, ao longo dos dias, na Figura 1.

Tabela 2- Índice de consistência e relação a/c das argamassas de areia natural

Traço	Relação a/c	Índice de consistência (mm)
1:1:4	0,66	255
1:05:5	0,90	245
1:1:6	1,20	255

Figura 1 – Comparação da evolução das resistências ao longo dos dias



Através da Figura 1, observa-se que a argamassa de traço 1:1:4, que obteve resistência de 5,7 MPa (correspondente neste caso à 80% do *fbk* do bloco, que é de 7,10 MPa) aos 28 dias de cura, possui a resistência dentro do intervalo estabelecido no planejamento experimental, que é entre 70% e 100%

Guzzo, E.; Soares, G.F.P.

Comparação entre o desempenho da argamassa com areia industrial e com areia natural no assentamento de blocos cerâmicos estruturais

da resistência característica do bloco. Portanto, este foi o traço de argamassa de areia natural escolhida para a confecção dos prismas.

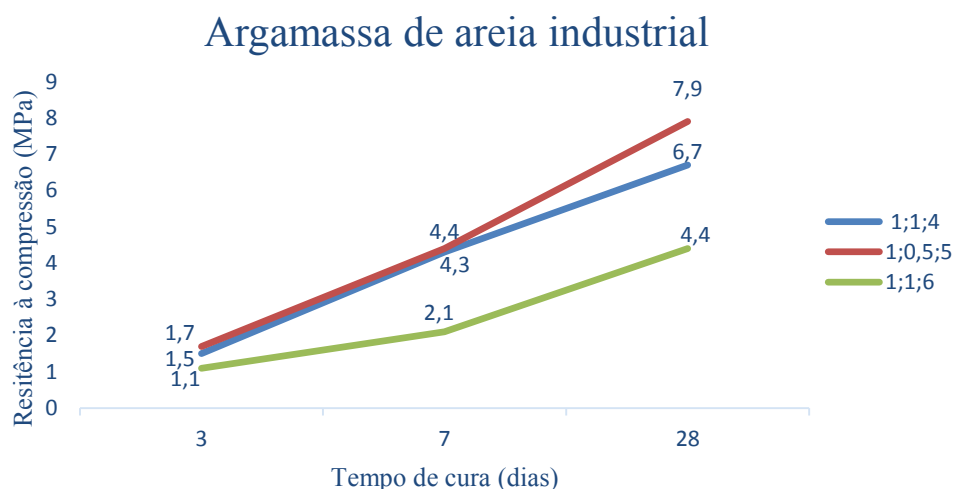
Argamassa de areia industrial

As argamassas de areia industrial foram confeccionadas nos mesmos traços que a da areia natural, sendo que o mesmo traço, 1:1:4, foi o escolhido em virtude de ter apresentado uma resistência de 94% do f_{bk} do bloco, também dentro do intervalo ideal segundo Mohamad *et al* (2002). Os valores de índice de consistência de cada traço estão mostrados na Tabela 3, bem como os valores de resistência a compressão, de cada uma, ao longo dos dias, podem ser visualizados na Figura 2.

Tabela 3- Índice de consistência e relação a/c, das argamassas de areia industrial

Traço	Relação a/c	Índice de consistência (mm)
1:1:4	0,80	255
1:05:5	1,20	260
1:1:6	1,50	255

Figura 2 – Comparação da evolução das resistências ao longo dos dias



Em uma análise comparativa entre as Figuras 1 e 2 é possível observar que as resistências aos 3 e 7 dias da argamassa com areia natural são maiores que a da argamassa de areia artificial. No entanto, esta tendência inverte aos 28 dias, quando a resistência da argamassa de areia industrial atingiu patamares maiores que as da areia natural.

Prismas

As Tabelas 4 e 5 apresentam os valores utilizados para o cálculo da resistência característica à compressão (f_{pk}) dos prismas de argamassa produzida com areia natural e industrial, retirados dos ensaios de compressão de 8 amostras para cada tipo de argamassa. Esses valores foram obtidos através das recomendações da NBR 15812:2 (ABNT, 2010).

Tabela 4- Resistência característica à compressão dos prismas de argamassa com areia natural.

Menores valores de f_p	6,22	6,62	6,78	6,99
Resistência característica				Final
f_{pk1}	f_{pk2}	f_{pk3}	f_{pk4}	f_{pk}
6,09	7,3	5,7846	6,09	6,09

Tabela 5- Resistência característica à compressão dos prismas de argamassa com areia industrial.

Menores valores de f_p	5,67	5,94	6,05	7,07
Resistência característica				Final
f_{pk1}	f_{pk2}	f_{pk3}	f_{pk4}	f_{pk}
4,70	7,35	5,27	5,27	5,27

Com base nos valores de resistência característica encontrados para os prismas com argamassa de assentamento de areia natural, 6,09 MPa, e industrial, 5,27 MPa, pode-se constatar que ambas se enquadram no que diz a Portela, 2015, que os valores de f_{pk} (resistência característica do prisma) são menores que de f_{bk} (resistência característica do bloco) que neste trabalho foi de 7,10 MPa. No que se refere à comparação entre as resistências características à compressão dos prismas (f_{pk}), constatou-se que os valores são semelhantes para os dois tipos de prismas (Tabelas 4 e 5), embora os prismas de argamassa de areia industrial tenham apresentado resistência 13,5% menor em relação à areia natural. O fato da argamassa com areia artificial ter apresentado uma maior rigidez (94% de f_{bk}) que a argamassa com areia natural (80% do f_{bk}), pode ter contribuído para esta diferença entre os f_{pk} , já que, segundo alguns estudos, quanto mais rígida é a argamassa, menor será a resistência do prisma (Machado et al (1999, apud Garcia e Ramalho, 2007) e Mohamad et al (2002)).

CONCLUSÕES

Este trabalho buscou fazer uma comparação entre o desempenho da argamassa com areia natural e com substituição da areia natural por areia industrial, no teor de 100%, no assentamento de blocos cerâmicos de alvenaria estrutural, buscando métodos alternativos na construção civil que visem diminuir os custos e os impactos ambientais causados pela mesma.

Analisando os resultados obtidos nos ensaios de caracterizações físicas e mecânicas dos materiais e prismas, é possível concluir que os prismas produzidos tanto com agregado miúdo natural quanto com agregado miúdo industrial, tem características físicas e desempenho mecânico muito semelhantes, no teor de substituição de 100% estudado.

No aspecto técnico, ressalta-se que a resistência característica dos prismas de areia industrial foi 13,5% abaixo da resistência dos prismas de areia natural. Como as argamassas com os dois tipos de areia foram realizadas no mesmo traço, mas obtiveram resistências diferentes (a argamassa com areia industrial apresentou maior rigidez), este fato muito provavelmente foi determinante para queda verificada de resistência dos prismas com areia industrial, uma vez que a maior rigidez da argamassa

Guzzo, E.; Soares, G.F.P.

Comparação entre o desempenho da argamassa com areia industrial e com areia natural no assentamento de blocos cerâmicos estruturais

acarreta uma menor capacidade de absorção das deformações do conjunto, sendo esta capacidade de absorção, uma de suas mais importantes finalidades na alvenaria.

No que tange à questão da sustentabilidade, pode-se concluir que a utilização do agregado miúdo industrial em substituição ao agregado miúdo natural no assentamento de blocos cerâmicos estruturais, embora necessite de estudos mais aprofundados e conclusivos, apresenta-se como uma solução que pode ser adequada ao problema do destino dos resíduos industriais das rochas basálticas. Por fim, afirma-se que, dentre as várias formas e métodos de redução de custos e impactos ambientais, a utilização da areia industrial pode ser uma solução viável, uma vez que dá um destino adequado para um material que até então é considerado como sem valor comercial e descartado na natureza sem uso.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15812-2 **Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Execução e controle de obras**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 7211: **Agregados para concreto** – Especificações. 9f. Rio de Janeiro, 2009.

GARCIA, P. D. et al. **Contribuições ao estudo da resistência à compressão de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos**. Caderno de engenharia de estruturas. São Carlos, 2007.

MOHAMAD, G. et al. **Comportamento mecânico na ruptura de prismas de blocos estruturais**. In international seminar on structural masonry for developing countries, Belo Horizonte, 2002.

PORTELA, R. P. **Fator de eficiência da resistência prisma/bloco cerâmico de paredes vazadas**. Dissertação de mestrado. Santa Maria, 2015.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****ESTUDO PARA REQUALIFICAÇÃO DA PISTA DO****AEROPORTO COMANDANTE KRAEMER DE ERECHIM /****RS PARA VOOS COMERCIAIS COM AVIÕES MODELO****BOEING 737-700.****Aluno: Emerson Portigliotti****Orientador: Prof. Me. Eng. Fabiano da Silva Jorge****INTRODUÇÃO**

Segundo McKinsey & Company (2010), atualmente são realizados mais de 50 milhões de voos por ano no Brasil, esse número teve um aumento expressivo entre 2003 e 2008, foram cerca de 10% ao ano. Mesmo em 2009 durante a crise mundial, o Brasil manteve os mesmos números de 2008.

Em contrapartida, a infraestrutura aeroportuária não acompanhou tal desenvolvimento, resultando em uma prestação de serviço com qualidade abaixo da necessária, causando atrasos e problemas para os passageiros (ALVES; FRAGA, 2012).

A partir dessa informação, justifica-se a necessidade de uma reforma na infraestrutura dos aeroportos brasileiros. Tal reforma é um processo complexo que necessita tempo e tem altos custos, tanto econômico quanto socioambiental. Por esse motivo, as ampliações devem ser muito bem planejadas para garantir eficiência, segurança e crescimento sustentável do aeroporto. (ALVES; FRAGA, 2012).

Segundo a Prefeitura Municipal de Erechim (2017), o aeroporto Comandante Kraemer de Erechim, não recebe mais voos comerciais regularmente desde 2013, que eram operados pela empresa Brava Linhas Aéreas. Os voos eram operados por um turboélice de 19 lugares, o que tornaram as operações inviáveis, pois o custo da passagem era elevado, sendo necessária a empregabilidade de uma aeronave maior, mas que devido às dimensões da pista de pousos, não foi possível.

Dentro deste contexto, esse trabalho traz o dimensionamento da requalificação da pista do aeroporto Comandante Kraemer de Erechim – RS, tendo como aeronave de projeto o Boeing 737-700.

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento foi feito através do Método de falha de danos cumulativos, criado pela FAA (Federal Aviation Administration), e que utiliza o software FAARFIELD (FAA Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design) para simulações numéricas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após analisar a bibliografia disponível, chegou-se aos parâmetros de projeto, que são escolha do tipo do pavimento, estudo do tráfego, aeronave de projeto, número de decolagens anuais e taxa de crescimento anual.

ESTUDO PARA REQUALIFICAÇÃO DA PISTA DO AEROPORTO COMANDANTE KRAEMER DE ERECHIM / RS PARA VOOS COMERCIAIS COM AVIÕES MODELO BOEING 737-700.

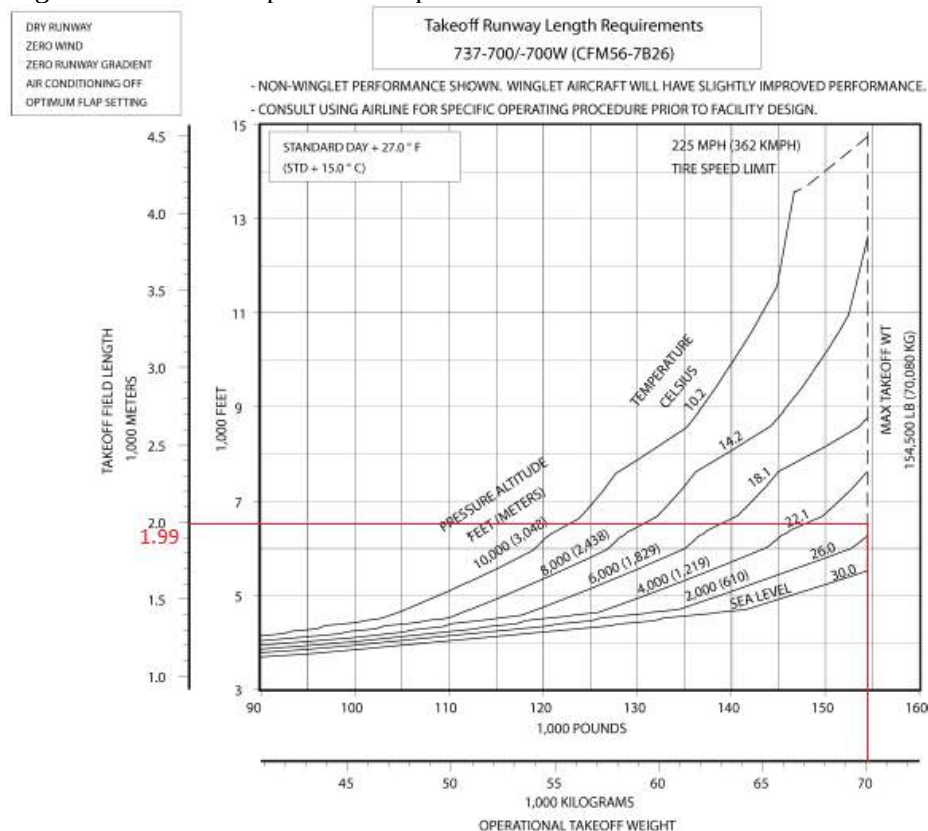
Foi utilizado o software FAARFIELD para fazer combinações matemáticas. Foram feitas algumas tentativas sem sucesso, por exemplo, o único material aceito para base foi a de concreto rolado, todos os outros materiais geravam erros no programa. Alguns materiais simulados como sub-base, criavam estruturas com espessura de revestimento muito elevada, e como se sabe que o CBUQ é o material mais caro da obra, fazendo então com que ocorresse o encarecimento da obra. Após inúmeras tentativas e erros, foi obtida a estrutura ideal.

- Camada de rolamento ou capa: P-401/P-403 CBUQ que segundo a FAA (2014) é ideal para superfícies que receberão carregamentos superiores a 5.670 kg. A espessura ideal dessa camada é de 10,5 cm.
- Base: P-304 CTB: Base estabilizada tratada com cimento, segundo a FAA (2014) é ideal para estruturas que receberão cargas superiores a 45.360 kg. A espessura ideal dessa camada é de 13 cm. Mas o mínimo adotado por norma é 15 cm
- Sub-Base: P-209 Crushed: Camada composta de material granular resistente de baixo custo. A espessura encontrada para essa camada foi de 16,5 cm

A espessura total da estrutura do pavimento necessária para tornar possível o recebimento do Boeing 737-700 com capacidade total é de 42 cm.

Para dimensionar o comprimento total de pista necessário, foi utilizado o ábaco disponibilizado pela Boeing e que utilizam peso de decolagem e altitude do local onde a pista esta inserida, conforme figura1.

Figura 1 - Ábaco comprimento de pista B737-700.



Fonte: adaptado de www.boeing.com (1998).

Para o dimensionamento da largura da pista, utilizam-se tabelas disponibilizadas pela ANAC.

Tabela 1 - Código de Referência de aeroporto.

Elemento 1 do Código			Elemento 2 do Código	
Número do código	Comprimento básico de pista requerido pela aeronave	Letra do Código	Envergadura	Distância entre as rodas externas do trem de pouso principal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Inferior a 800 m.	A	Inferior a 15 m.	Inferior a 4,5 m.
2	De 800 m a 1200 m. exclusive.	B	De 15 m a 24 m exclusive.	De 4,5 m a 6 m exclusive.
3	De 1200 m a 1800 m exclusive.	C	De 24 m a 36 m exclusive.	De 6 m a 9 m exclusive.
4	1800 m e acima.	D	De 36 m a 52 m exclusive.	De 9 m a 14 m exclusive.
		E	De 52 m a 65 m exclusive.	De 9 m a 14 m exclusive.
		F	De 65 m a 80 m exclusive.	De 14 m a 16 m exclusive.

Fonte: ANAC (2012).

Como visto no ábaco (figura 1) a pista de pousos e decolagens ficou com 1.990 metros e a envergadura do B737-700 é de 34,5 metros portanto classifica-se o aeroporto de Erechim em 4C.

Tabela 2 - Largura da pista.

Número do código	Letra do Código					
	A	B	C	D	E	F
1 ^a	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2 ^a	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3 ^a	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4 ^a	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Fonte: ANAC (2012).

Sabendo o código do aeroporto, utiliza-se a tabela 2 para determinar a largura, então o código 4C determina largura mínima de 45 metros.

De acordo com a Prefeitura municipal de Erechim (2018), a pista de pousos e decolagens do aeroporto de Erechim, apresenta hoje duas camadas estruturais, base com 20 cm e a superfície de rolamento com 7,5 cm e ainda comprimento de 1.280 metros e 30 metros de largura.

Para a estimativa do custo da readequação necessária, utilizou-se a tabela SICRO 2 disponibilizada pelo DNIT, analisando a composição de custo, chegou-se aos resultados conforme quadro 1.

ESTUDO PARA REQUALIFICAÇÃO DA PISTA DO AEROPORTO COMANDANTE KRAEMER DE ERECHIM / RS PARA VOOS COMERCIAIS COM AVIÕES MODELO BOEING 737-700.

Quadro 1 - Custo estimado para a readequação da pista.

Construção da estrutura complementar.				
Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unit (R\$)	Valor Total (R\$)
Limpeza do terreno	m²	51.150	0,44	22.506
Carga de material de limpeza 20 cm de espessura	m³	10.230	3,56	36.418,80
Transporte de material de limpeza do terreno DMT 1km e descarga	m³	20.460	13,87	283.780,20
Regularização de subleito	m²	51.150	0,97	49.615,50
Pintura de Ligação	m²	51.150	0,33	16.879,50
Fornecimento de RR-1C	ton	147,3	2.948	434.240,40
Transporte RR-1C Dmt 340Km	ton	50.082	0,60	30.199,44
Sub base em Brita Graduada Simples (BGS) espessura 16,5 cm	m³	8.439,75	136,04	1.148.143,59
Imprimação	m²	51.150	0,23	11.764,50
Fornecimento de CM 30	ton	61,38	4.020	246.747,60
Transporte CM 30 Dmt 340Km	ton	20.869,20	0,60	12.584,12
Pintura de ligação	m²	51.150	0,23	11.764,5
Base em Concreto Compactado a Rolo (CCR) espessura 15 cm	m³	7.672,50	137,47	1.054.738,57
Pintura de Ligação	m²	51.150	0,23	11.764,50
Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ convencional espessura 10,5 cm	m³	5.370,75	231,31	1.242.308,18
Fornecimento de CAP 50/70	ton	1.486,1344	3.350	4.978.550,15
Transporte CAP 50/70 Dmt 340Km	ton	505.285,69	0,60	304.687,26
Pintura de Ligação	m²	102.300	0,23	23.529
Sub-Total	-	-	-	9.920.221,84
Reforma da estrutura existente				
Pintura de Ligação	m²	112.500	0,23	25.875
Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ convencional	m³	5437,5	231,31	1.257.748,12
Sub Total	-	-	-	1.283.623,12
CUSTO FINAL	-	-	-	11.203.844,97

Fonte: SICRO 2, (2016).

CONCLUSÕES

Sabendo-se da notória importância da retomada de voos comerciais para a cidade de Erechim, tanto para economia quanto para a mobilidade, proporcionando desenvolvimento e transformando longos trajetos de rodoviários em algumas poucas horas de voo, justifica plenamente o presente trabalho.

Com a utilização do software FAARFIELD chegou-se à estrutura total necessária para o pavimento receber um BOEING 737-700, que é de 42 m sendo: 10,5cm de revestimento, 15 cm de camada de base e 16,5 de camada de sub-base.

Com o uso de ábacos foi encontrado o comprimento de 1.990 m e largura de 45 m para uma pista capaz de receber um avião do tipo BOEING 737-700.

Sabendo que a atual pista do aeroporto de Erechim, mede 1.280 m de comprimento e 30 m de largura, e possui espessura total de 27,5 cm, foi feita a readequação bem como o custo para esse projeto.

Analisando os processos construtivos e executivos exigidos pela normativa brasileira e internacional, o custo total estimado para a realização do projeto é de R\$ R\$ 11.203.844,97.

REFERÊNCIAS

ALVES, Cláudio Jorge Pinto; FRAGA, Rafael. **Capacidade do lado aéreo dos aeroportos brasileiro.** [s.l], Journal of Transport Literature 2012. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/jtl/v6n4/v6n4a10.pdf>>. Acesso 02 abr 2018.

ANAC, **Empresas aéreas brasileiras transportam 98,9 milhões de passageiros pagos em 2017.** Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/noticias/empresas-aereas-brasileiras-transportam-98-9-milhoes-de-passageiros-pagos-em-2017>>. Acesso em: 10 abr 2018.

ANAC, **Certificação internacional de aeroportos.** Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/infraestrutura/pdf/apresentacaoRBAC139.pdf>. Acesso em 02 de out 2018.

DNIT. **Terraplanagem – Serviços preliminares – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, 2002.

FAA (2007), **Airport Construction Standards (AC 150/5370-10).** Disponível em <https://www.faa.gov/airports/engineering/construction_standards/>. Acesso em 05 mai 2018.

MCKINSEY&COMPANY. **Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil.** Rio de Janeiro. 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM (2018), **Clima.** Disponível em <<http://www.pmerechim.rs.gov.br/pagina/145/clima>>. Acesso em 08 mai 2018.

SICRO 2, 2016. **Sistema de custos referenciais de obras.** Disponível em <<http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro-2/sul/parana/2016/novembro/parana-novembro-2016>>. Acesso em 03 de novembro de 2018.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS
EM MATERIAIS E SISTEMAS****APLICABILIDADE DO REJEITO DE MINERAÇÃO
COMO AGREGADO MIÚDO NA FABRICAÇÃO DO
CONCRETO**

**Alunos: Éverton Loregian, Giovani Jordi Bruschi, Pedro Vitor Parmigiani,
Tainã Zanella Abrão e Vinícius André Tochetto**
Orientadora: Suelen Cristina Vanzetto

INTRODUÇÃO

A extensa quantidade de usinas de mineração no Brasil, ao mesmo tempo em que movimentam uma agradável quantidade do PIB nacional, por outro lado causam uma grande preocupação em relação aos seus rejeitos gerados. Pensando nisso, várias pesquisas têm sido desenvolvidas a fim de tornar esses rejeitos utilizáveis. Dentre as áreas em constante evolução neste tipo de estudo destaca-se o setor da construção civil, onde pesquisadores têm tentado implementar o rejeito de mineração como substituição parcial e até mesmo total do agregado miúdo natural na fabricação do concreto, pois devido à grande exploração, o mesmo tende a ficar cada vez mais escasso. Com isso, este artigo de revisão bibliográfica tem como objetivo avaliar a influência na resistência à compressão, de forma geral, de diferentes tipos de rejeitos de mineração possíveis de serem encontrados em abundância em diversas áreas do Brasil e, que apresentem pesquisas em ascensão, a fim de analisar suas contribuições no desempenho da resistência à compressão do concreto com intuito de incentivar o aproveitamento desses rejeitos e consequentemente reduzir significativamente os danos causados ao meio ambiente devido à excessiva extração de areia dos rios do país. Os rejeitos de mineração abordados são: rejeitos de minério de ferro, rejeitos de magnetita e rejeitos da britagem.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O cenário atual de impactos ambientais gerados pela prática de mineração faz com que, cada vez mais, sejam realizadas pesquisas voltadas ao aproveitamento dos rejeitos motivados por este tipo de exploração. Dentre as diferentes áreas e formas de estudos para utilização desses rejeitos de mineração, tem se destacado a tentativa de emprego dos mesmos em alguns campos da construção civil, como por exemplo, na adição ou substituição parcial e integral ao agregado miúdo na fabricação do concreto. De acordo com o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (2015), cerca de 673 milhões de toneladas de agregados naturais são utilizados por ano, fazendo com que sua exploração fique cada vez mais restrita e dificultosa.

Conforme IBRAM (2015), o Brasil apresenta uma ampla variedade geológica, fazendo com que tenha destaque no cenário mundial no que diz respeito a quantidade de reservas e produção mineral, ostentando 5% do PIB industrial do país em 2014. No entanto o subproduto proveniente da mineração,

chamado de rejeito, toma grandes áreas que antes eram ocupadas pela fauna e flora e, por consequência, além de impactarem no meio ambiente, podem causar tragédias devido ao excesso de material depositado nos locais de armazenamento, como por exemplo, as barragens de rejeitos (SOUZA e GUEDES, 2017). Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (2015), em 14 anos, a solicitação por agregados na construção civil subiu de 460 milhões de toneladas no ano de 1997 para 673 milhões de toneladas no ano de 2011, o que evidencia o perigo para a escassez dos agregados naturais e a urgência da utilização de agregados artificiais, como por exemplo, os rejeitos de mineração.

O minério de ferro é o que apresenta maior concentração no Brasil, tendo sua principal região de extração a Sudeste, mais especificamente no estado de Minas Gerais. Este tipo de mineração é consequentemente quem mais contribui para geração de rejeitos, com cerca de 35,08%, enquanto o ouro ocupa a segunda colocação com menos da metade do percentual do minério de ferro, com aproximadamente 13,82%, (FRANCO et al., 2014).

De acordo com Silva, Mendes e Silva (2016), o rejeito magnetita é o resultado do beneficiamento da rocha fosfática, com maior acúmulo na região Centro-Oeste do país e a grande quantidade de jazidas desta espécie de rocha garantem que a exploração permanecerá por várias décadas.

Já o pó de pedra é o material derivado do britamento da pedra, também chamado de rejeito de britagem. Pode ser encontrado em praticamente todas as regiões do país, mudando apenas a espécie da rocha e consequentemente suas propriedades, como a composição granulométrica, a forma e a textura superficial (MORAIS, OLIVEIRA e RITT, 2015).

METODOLOGIA

Este artigo trata-se de uma revisão bibliográfica onde são utilizados dados e informações de algumas pesquisas já realizadas na área da aplicação de rejeitos de mineração na construção civil, especificamente como substituição parcial do agregado miúdo na fabricação do concreto e que foram submetidos à ensaios de compressão.

DISCUSSÃO

A seguir, são detalhadas algumas pesquisas que utilizaram os rejeitos abordados na revisão acima como substituição parcial do agregado natural na fabricação do concreto e foram submetidos à ensaios de compressão.

Na pesquisa de Franco et al. (2014) os autores utilizaram rejeito de minério de ferro em traços de referências de classes C20, C30 e C40 e substituíram a areia por rejeito de minério de ferro nas porcentagens de 0,5%; 5%; 10% e 50% ensaiados à compressão aos 3, 7 e 28 dias de cura. Com base nos dados da pesquisa pode-se observar que ao final dos 28 dias os corpos de provas de concreto apresentaram os seguintes resultados comparados com seus respectivos traços de referência:

O concreto de classe C20 com 0,5% de rejeito aumentou 27% sua resistência; com 5% de rejeito aumentou 23% sua resistência; com 10% de rejeito aumentou 43% sua resistência e com 50% de rejeito sua resistência à compressão aumentou 10%.

O concreto de classe C30 apresentou as seguintes alterações em sua resistência à compressão: com 0,5% de rejeito aumentou apenas 1,5% sua resistência; com 5% de rejeito diminuiu 13% sua resistência; com 10% de rejeito aumentou 1,5% sua resistência e com 50% de rejeito diminuiu cerca de 16% sua resistência.

No concreto de classe C40 a substituição do rejeito de minério de ferro pela areia apresentou os seguintes resultados na resistência à compressão: com 0,5% de rejeito aumentou a resistência em 7%; com 5% de rejeito a resistência ficou inalterada estatisticamente; com 10% rejeito aumentou 4% sua resistência, e com 50% de rejeito a resistência à compressão caiu cerca de 11%.

Com base nos dados os autores do artigo concluíram, de forma geral, que a substituição deste resíduo ao agregado miúdo natural apresenta melhor desempenho mecânico com substituições de até 10%, pois conforme a quantidade de cimento aumenta, o efeito fíler do rejeito diminui em relação aos traços referenciais.

Na pesquisa de Silva, Mendes e Silva (2016) os autores utilizaram o rejeito magnetita como substituição ao agregado miúdo natural. Usaram um concreto de classe C30 como parâmetro e substituíram 10%, 20% e 30% de magnetita em troca da areia, tendo as amostras rompidas aos 7, 14, 21 e 28 dias de cura. Conforme dados do artigo, aos 28 dias, o concreto dosado com 10% de rejeito de magnetita apresentou 31,86% de aumento da resistência à compressão se comparado com seu traço referencial, já o concreto dosado com 20% de rejeito aumentou a resistência à compressão em 28%, enquanto o concreto dosado com 30% de rejeito aumentou 23,5% a resistência à compressão. Com isso, os autores concluíram que o rejeito magnetita aumentou consideravelmente a resistência à compressão do concreto se comparado com o traço de agregado natural referencial.

Rhodes et al. (2016) utilizaram no estudo o rejeito de britagem, também chamado de pó de pedra, como substituição do agregado miúdo em 30% e 50% e compararam com um traço referencial natural aos 7 e 14 dias de cura. Dessa maneira, os ensaios de compressão aos 14 dias apresentaram que tanto o concreto com 30% de rejeito quando o concreto com 50% de rejeito, aumentaram cerca de 3% sua resistência à compressão, assim sendo estatisticamente inalterado se comparado com o traço de referência. Com isso, os autores concluíram que além de manter os valores da resistência à compressão próximos aos valores obtidos com agregado natural, o rejeito de britagem apresenta grande viabilidade econômica, pois segundo os autores o custo da fabricação do concreto com a utilização deste agregado artificial diminui cerca de 35%.

Vale salientar que as análises feitas acima são a partir de valores retirados de pesquisas realizadas por autores diferentes e com metodologias distintas. Por consequência, não se pode realizar uma comparação decisiva entre elas sobre qual rejeito é superior ao outro para esta finalidade, porém é possível criar uma percepção das características e qualidades de cada um deles e, a partir disso, constatar seus respectivos desempenhos.

CONCLUSÕES

Com a atual quantidade de rejeitos de mineração gerados no Brasil e os consequentes danos ambientais causados pelos depósitos dos mesmos, é de fundamental importância proporcionar utilidade para estes resíduos, principalmente quando se trata daqueles que representam grande proporção e que ainda possuem alto potencial de exploração para vários anos. Essa utilização fará com que os abalos causados pelos grandes depósitos sejam minimizados e, principalmente, seja

LOREGIAN, É; BRUSCHI, G. J.; PARMIGIANI, P. V.; ABRÃO, T. Z.; TOCHETTO, V. A.; VANZETTO, S. C.

Aplicabilidade do rejeito de mineração como agregado miúdo na fabricação do concreto

possível reduzir a atual quantidade de extração dos agregados naturais do meio ambiente. A partir disso, a análise feita neste artigo aponta para a viabilidade do emprego de rejeitos de mineração como substituição parcial ao agregado miúdo na fabricação do concreto, pois além de diminuir os impactos ambientais pelos motivos já citados, também garante que a resistência à compressão do concreto se mantenha igual ou superior ao concreto dosado com cem por cento de agregado natural. Dentre os três tipos de rejeitos que foram analisados neste artigo, pode-se atestar de forma superficial que o rejeito magnetita apresenta maior ganho de resistência à compressão em comparação aos seus traços de referência quando substitui a areia. No entanto, vale ressaltar que para tornar comum a utilização dos agregados artificiais em substituição aos agregados naturais na fabricação do concreto, é necessário que estudos de aperfeiçoamento sejam cada vez mais frequentes e incentivados afim de afiançar traços que proporcionem condições capazes de garantir as melhores características mecânicas do produto e com a maior porcentagem de substituição possível do agregado natural por agregado de mineração.

REFERÊNCIAS

FRANCO, Luiza Carvalho et al. Aplicação de rejeito de mineração como agregado para a produção de concreto. **IBRACON: 56º Congresso Brasileiro do Concreto**. Natal – RN, 2014.

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Gestão e Manejo de Rejeitos de Mineração**. Brasília – DF, 2016.

MORAIS, Guilherme César Martins de; OLIVEIRA, Douglas Ribeiro; RITT, Humberto. Caracterização e aplicação de agregado miúdo britado em concreto de cimento Portland. **Centro Universitário de Patos de Minas**: Perquirere, Patos de Minas – MG, 2015.

RHODES, Vanderson et al. Análise das propriedades compressivas do concreto produzido com pó de pedra. **Revista Educação, Meio Ambiente e Saúde**. Manhuaçu – MG, 2016.

SILVA, André Carlos; MENDES, Marcos Vinicius Agapito; SILVA, Elenice Maria Schons. **Substituição de areia por magnetita na formulação do concreto**. São Paulo – SP, 2016.

SOUZA, João Vitor Silveira; GUEDES, Juliana da Silva e Mascarenhas. O rejeito de minério de ferro e suas aplicações na construção civil. **IX SBEA: Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental**, Belo Horizonte – MG, 2017.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS
EM MATERIAIS E SISTEMAS****AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE DO
REVESTIMENTO EXTERNO DE PAREDES DE CONCRETO
MOLDADAS *IN LOCO* ATRAVÉS DO MÉTODO DO CACHIMBO****Aluno: Éverton Loregian****Orientador: Prof. Esp. Cristiano Zordan Chiochetta****Coorientador: Eng. Civil Luís Felipe Foscarini****INTRODUÇÃO**

De acordo com Nakamura (2009), o sistema de fôrmas começou a ser introduzido nos canteiros de obras brasileiros pelo Engenheiro Toshio Ueno, no final da década de 60, com intuito de reutilizar materiais e consequentemente reduzir custos. Seguindo a mesma essência, despontou o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*, o qual começou a ser incorporado no Brasil no fim dos anos 80.

Em 2009, O impulso de financiamentos imobiliários proporcionado pelo governo federal através de programas de desenvolvimentos habitacionais, como o “Minha Casa, Minha Vida”, fez com que a procura por imóveis residenciais populares aumentasse consideravelmente. Diante disso, as empresas construtoras exploraram métodos construtivos capazes de otimizar o tempo a fim de aumentar a produção e ainda reduzir custos. Nesse contexto, o método que melhor se enquadrou foi o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* e, graças a expansão deste mecanismo de construção, no ano de 2012, o mesmo passou a ser normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 16055 (2012), que norteia o dimensionamento e execução do método (CORSINI, 2011).

Apesar de possuir uma NBR exclusiva para o sistema, a mesma não apresenta nenhuma indicação de revestimento a ser utilizado no acabamento das paredes. Em vista disso, o revestimento utilizado nas paredes de concreto, na maior parte das vezes, é um revestimento otimizado com materiais industrializados, porém, não elimina a possibilidade de o mesmo vir a sofrer com as mesmas patologias recorrentes em revestimentos argamassados. Isso porque, os materiais comumente utilizados possuem elementos semelhantes em suas composições, como por exemplo, o cimento Portland e os agregados minerais, que em contato com a umidade podem reagir e provocar o aparecimento das patologias.

Com isso, esta pesquisa tem o objetivo de avaliar a estanqueidade dos três materiais que usualmente são utilizados em conjunto (argamassa cimentícia niveladora, textura acrílica e tinta acrílica) para proporcionar efeito estético e regularização de falhas das superfícies a fim de analisar qual combinação dentre esses três materiais é capaz de garantir a estanqueidade necessária para o método do cachimbo e, ao mesmo tempo, seja a mais otimizada possível.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi dividida em duas etapas, a primeira consistiu em analisar somente o substrato bruto para avaliar sua real permeabilidade, enquanto a segunda constituiu na aplicação de diferentes combinações entre os três materiais de acabamento e suas influências sobre o substrato. Em ambos

os casos, analisou-se duas fachadas distintas a fim de quantificar a possível influência da insolação sobre a permeabilidade das mesmas

Optou-se por realizar os ensaios *in loco* a fim de aumentar a coerência dos resultados, uma vez que existem variáveis que podem interferir em ambiente de laboratório como: posição solar, ação do vento e da temperatura. Devido a isso, selecionou-se uma obra para aplicação dos revestimentos e consequente execução dos ensaios. A obra fica localizada em área urbana na região Norte do Rio Grande do Sul.

Ensaio do cachimbo

Apesar de não ser normatizado no Brasil, o ensaio do cachimbo é bastante utilizado por ser um método prático, não destrutivo e de fácil aplicação *in loco*. É sugerido e embasado pelo Centre Scientifique et Technique de la Construction – CSTC e pela Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux e les Constructions – RILEM.

De acordo com Almeida e Carasek (2003), a coluna de água de 92 mm do cachimbo representa uma pressão que equivale à ação estática de um vento de velocidade próxima à 140 km/h sobre a fração da parede coberta pelo cachimbo (5,31 cm²). A redução do nível da água com o decorrer do tempo de ensaio é utilizada como indicação da vulnerabilidade do material à absorção da água.

De forma geral, o método consiste em medir a quantidade de água que é absorvida por alguma superfície durante determinado período de tempo. O cachimbo é feito de vidro, apresenta forma de “L”, possui demarcações em décimos de ml e contém beirada plana e circular, a qual é fixada na superfície a ser ensaiada com auxílio da massa de calafetar. Assim, logo após a secagem da massa, o tubo é preenchido com água e sua redução de altura no cachimbo é coletada nos 5, 10 e 15 minutos, e de acordo com Lima (2008), o ensaio do cachimbo exige valores de absorção de no máximo 2,0 ml para que o revestimento esteja compatível com o que a literatura solicita.

Preparo do substrato

O concreto utilizado pela empresa construtora para confecção das paredes é auto adensável, composto com cimento CP II-Z-32 e com adição de aproximadamente 600 g/m³ de microfibras de polipropileno. De acordo com a construtora, a adição das microfibras tem o intuito de evitar a formação de fissuras causadas por retração plástica do concreto durante a cura. A resistência à compressão é aproximadamente 40 MPae, usualmente, durante o processo de concretagem, o *slump flow* do concreto é 650 +/- 50 mm. Esses fatores garantem uma parede homogênea e dentro dos padrões indicados pela NBR 16055 (ABNT, 2012).

Materiais comumente utilizados como revestimento externo das paredes de concreto

Buscou-se utilizar os três materiais que usualmente são aplicados em conjunto pelas empresas construtoras no revestimento externo de paredes de concreto moldadas *in loco*. Os materiais são: argamassa cimentícia niveladora, textura acrílica e tinta acrílica. Todos são descritos brevemente abaixo.

a) *Argamassa cimentícia niveladora*: utilizou-se argamassa niveladora do tipo média externa. Esta argamassa é um composto em pó, com granulometria média, que apenas com a aplicação de água na quantidade especificada já está apta para aplicação. Sua composição é à base de agregados minerais de granulometria controlada, cimento Portland e aditivos especiais não tóxicos convenientemente dosados, além de possuir uma aderência maior que 0,3 MPa após 28 dias de cura.

b) *Textura acrílica*: utilizou-se para a pesquisa uma textura acrílica premium, a qual oferece características de hidrorrepelência e acabamentos do tipo texturado e grafiato. A sua composição é constituída por resinas acrílicas em emulsão aquosa, água, cargas minerais inertes e aditivos.

c) *Tinta acrílica*: empregou-se uma tinta acrílica premium com acabamento semibrilho. Possui alta lavabilidade se comparada com a tinta de aspecto fosco, alta performance, fácil aplicação, secagem rápida de baixo odor. Sua composição é resina à base de dispersão aquosa de copolímero estireno acrílico, pigmentos isentos de metais pesados, cargas minerais inertes, glicóis e tensoativos etoxilados e carboxilados.

Combinações entre os três materiais de acabamento

Além do ensaio na parede bruta, foram preparadas 3 áreas de aproximadamente 1,0 m² nas fachadas leste e oeste da edificação, com o intuito de aplicar seis diferentes combinações dos materiais de acabamento. A tabela 1, a seguir, exemplifica as combinações que foram realizadas entre os materiais de acabamento ensaiadas na obra.

Tabela 1: Combinações dos materiais de acabamento.

Número	Combinações
1	Parede bruta
2	Parede e argamassa niveladora
3	Parede, argamassa niveladora e tinta
4	Parede, argamassa niveladora e textura
5	Parede, argamassa niveladora, textura e tinta
6	Parede e textura
7	Parede, textura e tinta

Fonte: Autor.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

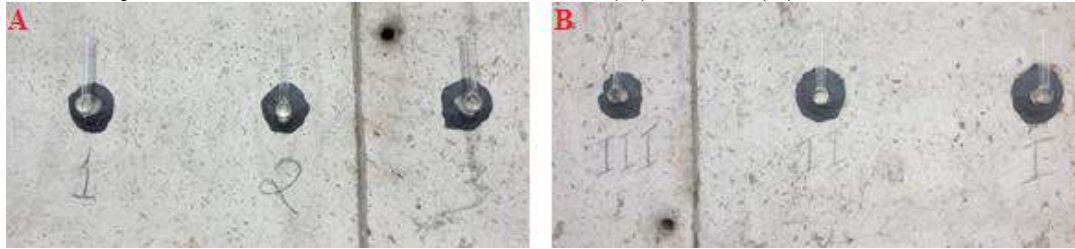
A seguir são apresentados e discutidos os resultados de absorção de água obtidos no ensaio da parede de concreto bruta e nas demais combinações entre os materiais de acabamento comumente utilizados que acima foram descritos.

Absorção de água da parede de concreto bruta

Ensaio do cachimbo realizado na *parede de concreto bruta*, conforme figura 1. Os resultados obtidos na parede bruta servem de referência para comparação com os resultados das demais combinações que possuem os materiais de acabamento.

Vale ressaltar, que o mesmo método de ensaio detalhado neste artigo apenas para a parede bruta, foi aplicado exatamente igual para as demais combinações de materiais ensaiadas.

Figura 1: Método de ensaio aplicado na parede bruta e também nas demais combinações de revestimentos. Fachadas leste (A) e oeste (B).



Fonte: Autor.

As informações relativas às condições atmosféricas no momento do ensaio estão apresentadas abaixo, enquanto os resultados obtidos são apresentados na tabela 2 e na figura 2 para melhor visualização.

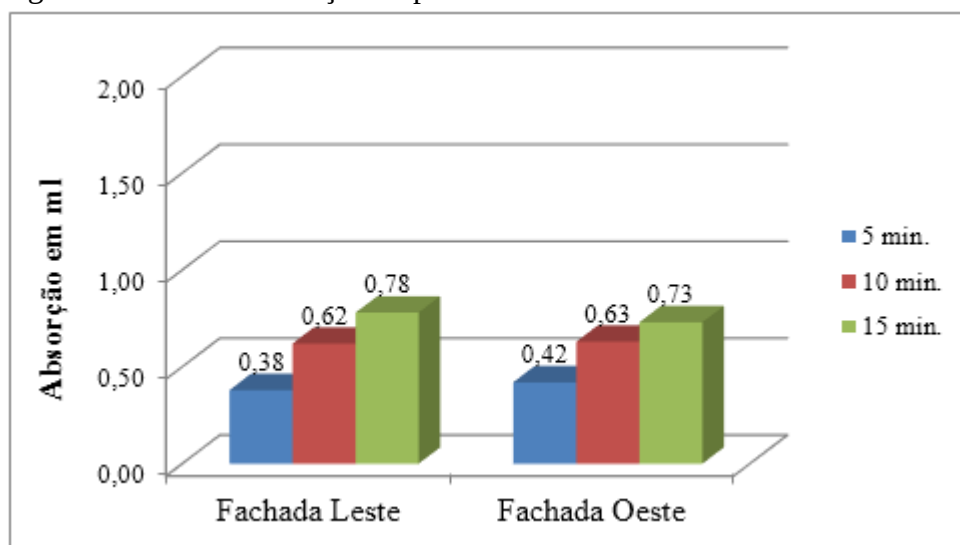
Horário do ensaio: 13:00 horas; temperatura: 22 °C; velocidade do vento: 14 km/h e umidade relativa do ar: 57%.

Tabela 2: Resultados coletados da combinação 1.

Ponto	Leituras fachada leste (ml)			Leituras fachada oeste (ml)		
	5 minutos	10 minutos	15 minutos	5 minutos	10 minutos	15 minutos
1	0,40	0,60	0,80	0,40	0,60	0,70
2	0,40	0,60	0,75	0,45	0,70	0,80
3	0,35	0,65	0,80	0,40	0,60	0,70
Média	0,38	0,62	0,78	0,42	0,63	0,73
Desvio Padrão	0,023	0,023	0,023	0,023	0,047	0,047
C. V. (%)	6,1	3,8	3,0	5,6	7,4	6,4

Fonte: Autor.

Figura 2: Média de absorção na parede de concreto bruta.



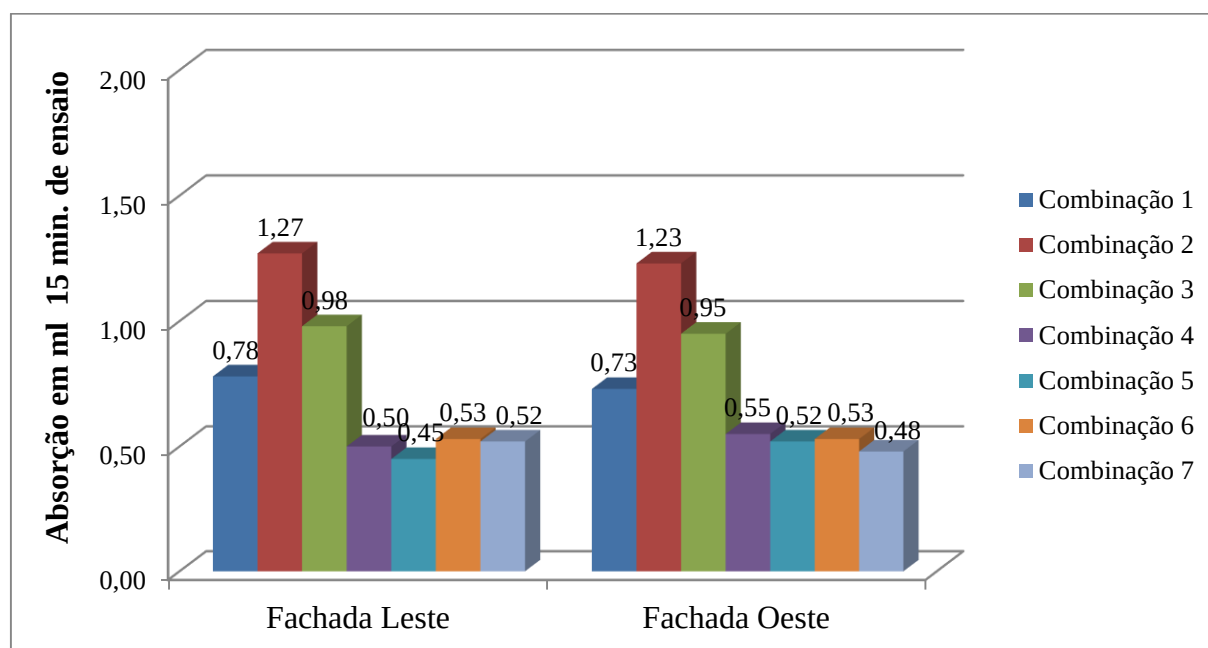
Fonte: Autor.

É possível observar que as paredes de concreto brutas, em ambas as fachadas, são capazes de suportar a penetração de água dentro dos níveis desejados na literatura para o método do cachimbo, de até 2,0 ml. Esses valores de absorção comprovam que o concreto normalmente utilizado na confecção das paredes dispõe de baixa porosidade, pouca fissuração e, conseqüentemente, pequena absorção de água, comprovando a resistência do mesmo aos agentes agressivos e que atende as condições de desempenho para o método proposto mesmo quando não possui revestimento.

Comparação entre as médias absorvidas pelas combinações de revestimentos

A figura 3 a seguir representa a comparação geral da média final (nos 15 min. de ensaio) absorvida entre todas as combinações de revestimentos realizadas nas fachadas leste e oeste.

Figura 3: Comparativo das médias finais absorvidas (aos 15 min.) pelas combinações.



Fonte: Autor.

Pode-se observar que as combinações 2 e 3 apresentaram maior absorção de água do que a parede bruta (combinação 1). Isso pode ser explicado pelo fato de que a argamassa niveladora possui elevada porosidade e tem como principal finalidade proporcionar acabamento e nivelamento para a superfície. Nas combinações 4 e 5 a absorção de água reduziu radicalmente mesmo com a presença da argamassa niveladora, o que pode ser explicado pela presença da textura sobre a mesma, à qual possui propriedades que resistem à penetração da água.

Já nas combinações 6 e 7 é possível constatar que os níveis de absorção de água foram estatisticamente idênticos aos encontrados nas combinações 4 e 5, no entanto sem a presença da camada de argamassa niveladora, apenas com textura e textura mais tinta sobre a parede, respectivamente.

Para uma maior credibilidade dos resultados coletados nesta pesquisa optou-se por realizar uma análise estatística onde calculou-se o coeficiente de variação e o desvio padrão para todas as combinações de dados coletadas. A partir disso, é possível atestar que os baixos valores encontrados nessas duas propriedades enfatizam a confiabilidade dos resultados, a homogeneidade e a padronização na execução do ensaio para esta pesquisa.

CONCLUSÕES

No âmbito geral, de acordo com Lima (2008), o ensaio do cachimbo exige valores de absorção de até 2,0 ml para que o revestimento esteja compatível com o que a literatura solicita. Portanto, os valores de absorção de água coletados nesta pesquisa indicam que, apesar de todas as combinações de materiais de acabamento ensaiadas ficarem dentro dos níveis de absorção exigidos pelo método de ensaio proposto, não é aconselhável utilizar as combinações 2 e 3 pelo fato de utilizarem argamassa niveladora como última e penúltima camada do revestimento, respectivamente. Isso pois, pode-se observar o elevado aumento de absorção de água em relação à parede bruta e, por consequência, estar mais sujeita a sofrer com futuras manifestações patológicas. Esses valores de absorção também comprovam que a argamassa niveladora possui como finalidade principal proporcionar acabamento estético e nivelamento da superfície.

A partir da combinação 4 de revestimentos consegue-se constatar a excelente diminuição no nível de absorção da água. Isso muito em função da textura estar presente como uma das camadas que compõe essas combinações de revestimentos e a mesma apresentar características que dificultem a penetração da água.

O principal destaque fica para a combinação 7, composta apenas por textura e tinta sobre a parede de concreto, onde além de proporcionar acabamento estético agradável e semelhante às combinações que utilizaram argamassa niveladora precedente à textura, essa combinação de revestimentos também garante uma ótima impermeabilização, diminuindo a absorção em cerca de 33% em relação à parede de concreto bruta e estatisticamente equivalente à absorção medida na combinação 5, a qual habitualmente é utilizada como revestimento externo das paredes de concreto.

De forma geral, pode-se atestar que o objetivo desta pesquisa foi alcançado com êxito, pois foi possível concluir que é viável diminuir uma das etapas (argamassa niveladora) do revestimento externo normalmente utilizado nas paredes de concreto e, ainda assim, garantir bom acabamento superficial, baixa absorção de água, menor custo e, conseqüentemente, maior otimização no sistema construtivo sem comprometer o mesmo com futuras manifestações patológicas devido à absorção de água do revestimento externo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Letícia Dias; CARASEK, Helena. Avaliação da Permeabilidade e da Absorção de água de Revestimentos de Argamassa pelo Método do Cachimbo. V SBTA: Simpósio Brasileiro de tecnologia, São Paulo – SP, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055:2012**: Parede de Concreto Moldada no Local Para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2012. 35 p.

CORSINI, Rodnei. Paredes normatizadas: Normas e legislação. **Pini**: Técnica, São Paulo, v. 183, 2011.

LIMA, Kamila Bressan de. **Avaliação da permeabilidade em revestimentos argamassados: patologias mais frequentes e soluções**. 2008. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2008.

NAKAMURA, Juliana. Carreira: Projetista de fôrmas. **Pini**: Técnica, São Paulo, ago. 2009.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E
PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS****MONITORAMENTO GEOTÉCNICO EM ATERROS
SANITÁRIOS****Aluno: Francesca Portella****Orientador: Suelen Cristina Vanzetto****INTRODUÇÃO**

Com a demanda cada vez maior de locais para deposição de resíduos sólidos urbanos, vem a necessidade de alternativas para minimizar a produção de resíduos, bem como para reciclar e reusar materiais, que são técnicas utilizadas no mundo todo. Ainda assim, o aterro sanitário continua sendo o método de disposição final mais utilizado. O projeto e operação dos aterros sanitários envolvem uma variedade de problemas geotécnicos, sendo necessário o conhecimento de algumas propriedades, em busca de se realizar soluções para realização de projetos mais econômicos e seguros.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com a NBR 13896/1997 da ABNT, o monitoramento do aterro sanitário consiste em um sistema de medições de campo e ensaios de laboratório a serem realizados sistematicamente durante a fase de operação do aterro, e prolonga-se após o término de sua vida útil, em pelo menos, 10 anos. Conforme Almeida (2009), o plano de monitoramento, por sua complexidade, deve ser elaborado na concepção do projeto, verificando o contexto geológico, geográfico, econômico, social, ambiental e deve cumprir as exigências legais de todos os instrumentos normativos e jurídicos que tratam da questão, seja na esfera federal, quanto nas municipais. A disposição de resíduos sólidos urbanos sem o devido controle pode gerar impactos ambientais e sociais significativos.

Batista (2010) define como principais objetivos do monitoramento o acompanhamento do comportamento e o desempenho do aterro, de forma a permitir a identificação, em tempo hábil, de alterações no padrão de comportamento previsto e a proposição de medidas preventivas e corretivas, orientando os trabalhos de conservação e manutenção.

Catapreta (2016), definiu que os monitoramentos geotécnicos de um aterro sanitário são realizados por meio dos resultados das observações de campo e da análise da instrumentação instalada. São acompanhados o comportamento e estabilidade das células de resíduos já depositados para avaliação da redução volumétrica proporcionada pela degradação da matéria orgânica, eliminação de água e acomodação física dos resíduos, bem como eventuais anomalias, como recalques diferenciais. As atividades envolvidas nos monitoramentos geotécnicos compreendem a definição do padrão de desempenho mecânico esperado (comportamento das deformações); a definição dos indicadores e parâmetros para análise do desempenho; a definição e obtenção dos dados necessários para análise e interpretação do desempenho geotécnico (observacionais e instrumentais); a análise e interpretação dos dados obtidos e comparação com os padrões de desempenho esperados e de referência; a aplicação dos resultados para a operação, conservação e manutenção do aterro, sendo elas as medidas preventivas e corretivas, e de remediação de áreas que eventualmente apresentem alterações ou desempenho geotécnico inadequado.

DISCUSSÕES

3.1 Itens do Monitoramento Geotécnico.

Para Santos (1997), Carvalho (1999), Dias (2003) e Benvenuto (2010), os principais itens que compreendem o monitoramento geotécnico dos aterros são os listados abaixo.

3.1.1 Medidas de poro-pressões.

Para avaliar as poro-pressões nos líquidos e gases nos diques de contenção e no interior do aterro sanitário, subsidiando, dessa forma, a avaliação da estabilidade do maciço de resíduos, são usados piezômetros.

3.1.2 Medidas de recalques superficiais e em profundidade.

É muito importante conhecer os recalques em qualquer obra geotécnica. No caso dos aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos, tal conhecimento permite saber a estimativa da vida útil dos mesmos; a avaliação da integridade dos sistemas de revestimento, de cobertura e dos dispositivos de drenagem de líquidos percolados e gases; o desenvolvimento de estudos para reaproveitamento das áreas ocupadas após o fechamento dos aterros; os recalques e a verificação visual da ocorrência de trincas na cobertura de bermas e taludes são indicadores de falhas e comprometimento da estabilidade da massa de resíduos; avaliar as mudanças na compressibilidade em função da degradação dos resíduos prevendo-se a instalação de medidores de recalque em profundidade no interior da massa de resíduos.

3.1.3 Topografia.

Os serviços de topografia também são de extrema importância para o acompanhamento operacional e de monitoramento dos aterros sanitários. Na fase operacional devem ser acompanhados a inclinação da rampa de compactação, a geometria do aterro com a devida configuração das camadas, taludes e bermas e no monitoramento geotécnico. No decorrer do aterramento e à medida que o aterro for tomando grandes alturas, será fundamental na verificação dos recalques e fornecimento do histórico para embasamento de estudos como as análises de estabilidade.

3.1.4 Medidas de permeabilidade.

O controle da permeabilidade dos diversos materiais (camada de impermeabilização de base, diques, camadas de cobertura e resíduos) pode ser realizado por meio de ensaios de campo, utilizando permeâmetros ou em furos de sondagens, e de ensaios de laboratório, utilizando permeâmetros de parede rígida e flexível.

3.1.5 Medidas de movimentações internas.

A instalação de inclinômetros nos diques de contenção e no interior do maciço de resíduos permite a avaliação das movimentações internas e a identificação de processos de instabilização. Embora usuais em obras geotécnicas, tais como barragens e encostas, a sua utilização em aterros sanitários ainda é incipiente.

3.1.6 Medidas de tensões totais.

Ainda pouco utilizada em aterros sanitários, poderia fornecer importantes informações sobre a variação da densidade dos resíduos ao longo do tempo e, quando associadas aos registros de poro-pressões obtidos nos piezômetros, permitir a estimativa das tensões efetivas.

3.1.7 Controle tecnológico dos materiais terrosos e pétreos.

O controle tecnológico dos materiais geotécnicos utilizados na construção do aterro deve ser realizado por meio de ensaios de laboratório (caracterização geotécnica, compactação permeabilidade, adensamento e resistência) e de ensaios de campo (controle de compactação e permeabilidade).

3.1.8 Realização de provas de carga e ensaios de campo.

Embora ainda pouco utilizadas, as propriedades de resistência e compressibilidade dos resíduos podem ser avaliadas por meio da realização de provas de carga e ensaios de resistência em campo.

3.1.9 Inspeções de campo.

As inspeções de campo funcionam como complemento indispensável ao monitoramento geotécnico e envolve a observação das condições dos sistemas de drenagem superficial, processos erosivos,

ocorrência de trincas, falta de material de cobertura, falha na proteção vegetal, afundamentos localizados, inclinação nas drenagens de gás, embarrigamento de taludes, desalinhamento acentuado de taludes, escorregamentos localizados de taludes, desalinhamento dos dispositivos de drenagens superficiais, surgimento de líquidos lixiviados em taludes ou bermas e surgimento de gases em taludes e/ou bermas.

3.1.10 Registro de dados pluviométricos e de vazão de líquidos lixiviados.

Como atividade complementar ao monitoramento, também se realiza o acompanhamento dos dados pluviométricos e da vazão de líquidos lixiviados que fornecem elementos para a avaliação do balanço hídrico no aterro e um controle do sistema de drenagem.

Galhardo (2017) destaca que alguns aspectos operacionais que merecem destaque, envolvem o gerenciamento e controle interno no aterro sanitário, desde a entrada dos resíduos até a execução da camada de cobertura. Uma boa estruturação do sistema de controle operacional e de pessoal, poderá contribuir em muito com uma distribuição mais adequada e homogênea dos materiais dispostos no maciço de resíduos em um aterro sanitário.

Jorge (2004) prioriza que os serviços básicos de conservação e manutenção de um aterro após seu encerramento, seja de caráter preventivo ou corretivo, compreendem principalmente a implantação, recomposição, limpeza e desobstrução dos dispositivos de drenagem superficial, os retaludamentos dos maciços, a recuperação dos trechos com processos erosivos, a correção de surgências de líquidos e a conservação da cobertura vegetal das superfícies do aterro. Esses serviços, devidamente orientados pelas observações e resultados do monitoramento evitam que eventuais processos de degradação se formem ou evoluam, prevenindo a ocorrência de danos maiores. Não raramente podem surgir situações que exigem maiores intervenções, como a implantação de novos segmentos de drenos horizontais profundos, recomposição da superfície dos maciços (bermas e taludes) e, até mesmo, obras de contenção específicas.

CONCLUSÕES

Foram apresentados os aspectos básicos de uma sistemática de monitoramento geotécnico, que deve ser empregada em um aterro sanitário. O estudo preliminar é indispensável para melhor conduta do projeto e execução do aterro. Esses monitoramentos podem variar em função do tipo e porte do aterro sanitário, devendo ser analisado cada caso, ainda em fase de projeto, para que se tenha um melhor desempenho durante a vida útil do mesmo e para que gere menos impactos após encerramento do recebimento de resíduos sólidos. Entre tantas formas de monitorar, ainda é indispensável e de extrema importância que se faça as inspeções de campo, que envolve aspectos complementares de todos os outros monitoramentos e agrega aos dados obtidos a necessidade de se tomar medidas preventivas ou corretivas no aterro analisado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. S. **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. Florianópolis, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13896 **Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

BATISTA, H. P. **Desenvolvimento de diretrizes para monitoramento geotécnico e plano de contingência/emergência em aterros sanitários**. Belo Horizonte, 2010.

BENVENUTO, C. Monitoramento Geotécnico e a Estabilidade de Aterros Sanitários. Barueri, 2010.

CATAPRETA, C. A. A. Monitoramento Ambiental e Geotécnico de Aterros Sanitário. Campina Grande, 2016.

CARVALHO. M. F. Comportamento Mecânico de Resíduos Sólidos. São Carlos, 1999.

DIAS, S. M. F. Avaliação de Programas de Educação Ambiental Voltados para o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos. São Paulo, São Paulo, 2003.

GALHARDO, M. Monitoramento de Aterros Sanitários. Ariquemes, 2017.

JORGE, F. N. Monitoramento em aterros sanitários nas fases de encerramento e de recuperação: desempenhos mecânico e ambiental. São Paulo, 2004.

SANTOS, S. M. Propriedades Geotécnicas de um Aterro de Resíduos Sólidos. Recife, 1997.

Estudo da Influência da Utilização de Nanotubos de Carbono (NTC) nas Propriedades Mecânicas e de Durabilidade em Concretos de Alta Resistência
Aluna: Francine Padilha
Orientadora: Cristina Vitorino da Silva

INTRODUÇÃO

O concreto é um material amplamente disseminado devido à sua versatilidade, durabilidade e resistência. Contudo, nos últimos anos, há uma crescente demanda de concretos cada vez mais resistentes e duráveis, estes concretos são denominados de concretos de alta resistência (CAR), quando se trata de um concreto desenvolvido para garantir maiores resistências mecânicas (superior a 55 MPa) e durabilidade (ISAIA et al., 2011). Ao utilizar-se o concreto de alta resistência ao invés do concreto usual, o cimento Portland é empregado de maneira mais eficiente, explorando-se todo seu potencial.

A utilização de Concreto de Alta Resistência (CAR) apresenta inúmeras vantagens em relação ao Concreto Convencional (CC), possibilitando redução das dimensões das peças estruturais (especialmente de pilares), aumento do espaço útil nos pavimentos inferiores, diminuição da carga nas fundações, maior velocidade de execução, ganhos de durabilidade (com redução da porosidade e permeabilidade no concreto), aumento dos vãos livres em pontes, elevada resistência ao desgaste ou abrasão, diminuição das deformações por retração, deformação imediata ou por fluência, bem como benefícios ecológicos, energéticos e econômicos, por utilizar resíduos industriais como sílica ativa substituindo o cimento, por exemplo (DAL MOLIN, 1995; NAWY, 1996 apud CREMONINI, 2001). Com o avanço da tecnologia na área de materiais, uma nova tendência vem chamando atenção dos pesquisadores. Trata-se dos concretos de terceira geração. Para Sanchez e Sobolev (2010), o concreto pode ser classificado de acordo com as dimensões dos agregados e ou adições usadas em sua confecção. Desta forma, o concreto com adição de nanomateriais seria considerado o concreto de terceira geração, como sugere a Figura 1.

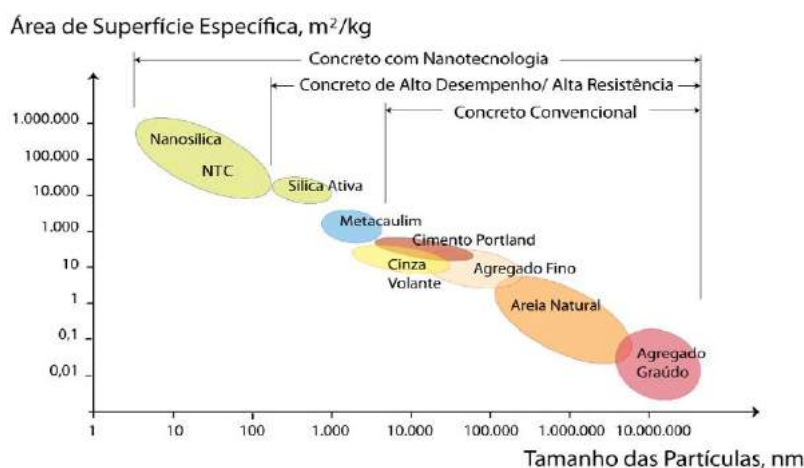


Figura 1 – Tipos de concreto (adaptado de MARCONDES, 2012)

Conforme Singh et al. (2013), a nanotecnologia permite o aperfeiçoamento das propriedades dos materiais e as alterações na nanoescala influenciam a microescala e subsequentemente a macroescala dos materiais. Apesar dos aperfeiçoamentos dos materiais alcançados com a nanotecnologia, o seu estudo no desenvolvimento de materiais a base de cimento é raro. De cada 10 mil artigos publicados na última década relacionando concreto, somente 100 destes relacionava-se a nanotecnologia (PACHECO-TORGAL et al., 2013).

Por isso, pensando em melhorar as propriedades do concreto tais como, aumentar a resistência à tração, tentando prolongar a sua vida útil e evitando reparos e manutenções frequentes, deve-se investir em pesquisas com uso de nanomateriais. Considerado como uma das maiores descobertas da nanotecnologia, o nanotubo de carbono (NTC) é visto, atualmente, como o material de maior resistência mecânica conhecido, principalmente pela sua resistência à deformação e à quebra (BATISTON, 2007).

Em virtude do exposto, as pesquisas na área de nanomateriais são escassas, ainda mais quando se refere à adição de NTC, a qual é considerada uma inovação na tecnologia do concreto. Sendo assim, este estudo visa evidenciar a eficiência da adição de nanotubos de carbono em concretos de alta resistência, comparando com concretos sem adição e os benefícios dessa adição.

MATERIAL E MÉTODOS

O programa experimental que foi realizado neste estudo está apresentado, esquematicamente, na Figura 2.

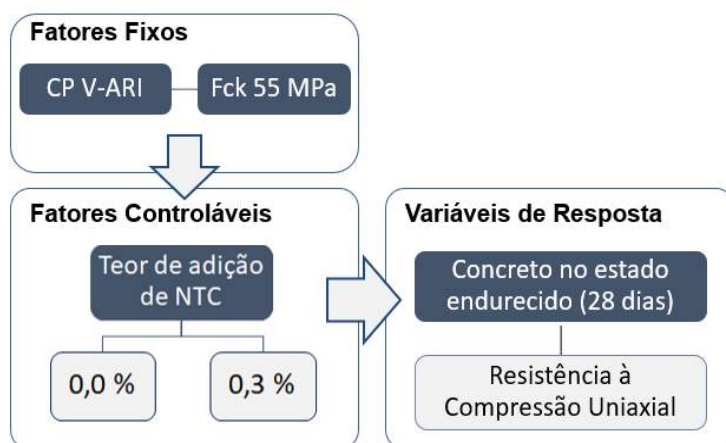


Figura 2 – Programa experimental

O parâmetro escolhido, cuja influência na variável de resposta foi avaliada, é o seguinte:

- Teor de adição de NTC: 0,0% e 0,3%.

A delimitação do teor de adição de nanotubo de carbono foi feita baseando-se em estudos existentes, que indicam teor ótimo na faixa de 0,3% da massa do cimento (MELO et al., 2010) e também devido à quantidade limitada de NTC disponível para realização dos ensaios.

Em relação ao tipo de cimento que será utilizado, optou-se pelo cimento do tipo CP V-ARI, uma vez que apresenta capacidade de atingir alta resistência inicial. Cabe salientar, que a escolha do cimento deve-se também, ao fato de que este não possui nenhuma adição mineral para melhorar seu desempenho, possibilitando uma melhor análise da influência da adição dos NTC.

Materiais Utilizados

Um concreto de boa qualidade depende dos materiais que serão utilizados e das propriedades individuais de cada um. Conhecer o material que será empregado na produção do concreto é

indispensável, e para isso existem diversos ensaios para a caracterização de cada material que é utilizado na mistura. Assim sendo, estão relacionados abaixo os materiais que foram utilizados neste estudo e seus respectivos resultados dos ensaios de caracterização realizados no Laboratório e Preparo de Amostras e Técnicas Construtivas (LAPATEC) da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI).

- Cimento: Portland CP V-ARI, com massa específica igual a 3,04 g/cm³;
- Agregado miúdo: areia natural, dimensão máxima característica (DMC) igual a 4,75 mm, com módulo de finura (MF) igual a 2,40 e massa específica igual a 2,50 g/cm³;
- Agregados graúdos: brita de origem basáltica, denominada comercialmente como brita 1, com as seguintes características: MF (6,94) e DMC (25 mm) e massa específica igual a 2,84 g/cm³;
- Aditivo: superplastificante a base de policarboxilatos;
- Sílica ativa: com densidade de 2,22 g/cm³, sendo utilizada como teor de substituição de 10% do volume de cimento;
- Nanotubos de carbono: apresentam as seguintes propriedades, conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Propriedades Físico-Químicas do NTC

Distribuição do Diâmetro	Diâmetro médio	Distribuição de Comprimento	Comprimento médio	Pureza	Contaminantes	Grau de oxidação
8 - 45 nm	20 nm	0,5 - 15 µm	4,5 µm	90%	~ 2% pó catalisador (Fe - Co - Al)	~ 8% em massa

Fonte: Fabricante.

- A água utilizada para a produção dos concretos foi proveniente da rede de abastecimento pública de Erechim (RS).

Dosagem Experimental

O método de dosagem utilizado para este estudo foi o Método IPT/EPUSP Modificado (CREMONINI, 2001). Foi escolhido esse método por ele se específico para dosagem de concretos de alta resistência. Foi realizada a dosagem visando encontrar um traço que atingisse a resistência desejada ($f_{ck} = 55$ MPa). A Tabela 2 apresenta os traços utilizados na dosagem dos concretos deste estudo.

Tabela 2 – Traços utilizados na dosagem dos concretos

Traços	α	Traço Unitário				Slump (mm)	Aditivo (kg)	Consumo de Cimento (Kg/m ³)	H (%)	Resistência	
		c	a	p	sa					F _{cj} (MPa)	a/c
2	0,5	0,9	0,50	1,50	0,1	150	0,16641	790,972	0,065	68,70	0,20
3,5		0,9	1,25	2,25	0,1	130	0,07454	519,251	0,065	63,90	0,29
5		0,9	2,00	3,00	0,1	150	0,05135	386,483	0,065	65,26	0,39

Fonte: Autor

Conforme apresentado na Tabela 2, todos os traços obtiveram resistência superior a estabelecida para este estudo ($f_{ck} = 55$ MPa, ou seja, $f_{cj} = 61,6$ MPa). Entretanto, os traços 2 e 3,5 apresentaram alto consumo de cimento, inviabilizando sua reprodução. Por consequência, foi empregado o traço de 1:5 para produção dos corpos de prova, por apresentar o menor consumo de cimento e atendimento da resistência desejada.

Ensaio

A resistência à compressão é uma das principais propriedades mecânicas para avaliar concretos de cimento Portland. O ensaio de resistência à compressão uniaxial foi realizado de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados referentes aos resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão uniaxial foram tratados inicialmente de modo a eliminar os dados espúrios. Posteriormente, se fez a análise desses dados pelo método da análise de variância (ANOVA), com o auxílio do software *Statistica*. Este software forneceu o nível de significância (p) do fator controlável sobre a variável de resposta.

Resistência à Compressão Uniaxial

O mais usual de todos os ensaios do concreto endurecido é o de resistência à compressão, seja pelo fato de ser um ensaio de fácil execução, como também porque muitas das características desejáveis do concreto são qualitativamente relacionadas com a resistência. (NEVILLE, 2013).

Os resultados da resistência à compressão uniaxial média para os concretos estudados encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados de resistência à compressão uniaxial

Resistência à Compressão Uniaxial			
Teor de adição de NTC (%)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coefficiente de Variação (%)
0,0	60,39	2,49	4,12
0,3	71,42	2,77	3,88

Fonte: Autor

Os resultados foram analisados estatisticamente através do método de análise de variância (ANOVA). Tal análise buscou avaliar se o teor de adição de nanotubos de carbono causou efeito significativo na variável de resposta (resistência à compressão uniaxial) medida.

A análise de variância feita através da ANOVA dos dados experimentais obtidos para a resistência à compressão uniaxial dos concretos estudados são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Análise de variância (ANOVA) – Resistência à compressão uniaxial

	GDL	MQ	F (calc)	p	Significância
Teor de Adição de NTC (%)	1	145,90	20,309	0,020410	S
Erro	3	7,18			

GDL: graus de liberdade (n-1); MQ: média quadrada; F(calc): valor calculado de F; p: nível de significância; S: valor significativo; NS: valor não significativo. Se $p < 5\%$ = efeito significativo.

Fonte: Autor

Analisando a Tabela 4 é possível verificar que o efeito da adição de NTC foi significativo na variável de resposta, ou seja, a incorporação de 0,3% de nanotubo de carbono teve influência positiva no desempenho dos compósitos. Assim, a Figura 18 mostra a influência do teor de adição de NTC sobre a resistência à compressão uniaxial. Tal figura foi obtida por meio da análise de variância (ANOVA).

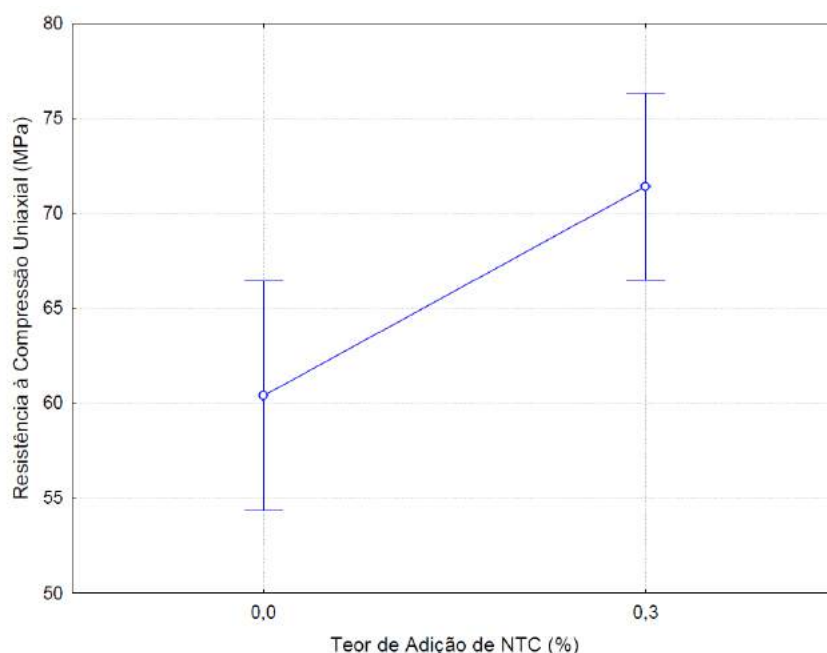


Figura 3 – Efeito do teor de adição na resistência à compressão uniaxial do concreto

Através da Figura 3, é possível verificar a influência da adição de nanotubo de carbono na resistência à compressão uniaxial dos concretos estudados. A análise de variância ANOVA mostra que os resultados encontrados para os concretos feitos com NTC diferem de forma significativa dos resultados dos concretos feitos sem essa adição.

O concreto com adição apresentou um ganho na resistência à compressão de 18,26% em relação ao concreto sem adição. O aumento da resistência está relacionado também à eficiência da dispersão dos nanotubos na matriz. Quando a dispersão é bem realizada, o nanotubo mistura-se ao compósito de forma homogênea, fazendo interligações com o silicato de cálcio hidratado e com o próprio grão da mistura, sem ocorrer aglomerações pontuais. Isso resulta em uma matriz mais densa, que contribui para a obtenção de um novo material mais resistente conforme apontado por Melo (2009).

CONCLUSÕES

A utilização de NTC em concretos apresenta vantagens em relação aos concretos convencionais, destacando determinadas propriedades, tais como, a sua grande resistência, o aumento do fator de forma e o seu diâmetro reduzido, que permitem uma melhor distribuição dos esforços mecânicos, ao mesmo tempo que aumenta a área de contato com a matriz, melhorando a ancoragem dos NTC.

A adição de NTC teve influência significativa no comportamento do concreto de alta resistência quando comparado com o concreto referência (sem adição). Diante da variável de resposta (resistência à compressão uniaxial) a adição de 0,3% de nanotubos de carbono influenciou significativamente. O concreto com adição apresentou um ganho de resistência de 18,26% em relação ao concreto sem adição.

Devido a escala nano métrica dos nanotubos de carbono, existe uma melhor distribuição destes materiais na matriz, fazendo com que a abertura e a propagação de fissuras sejam menos influentes. Constata-se que a adição de NTC à concretos, promove a formação de pontes de aderência entre os produtos de hidratação que podem conduzir à obtenção de matrizes cimentícias mais resistentes, conforme verificado neste estudo.

Entretanto, atualmente, o custo-benefício dos materiais cimentícios reforçados com NTC ainda não é atrativo, tornando-se economicamente inviável a sua introdução imediata no mercado da construção civil. O desafio que se impõe à cadeia construtiva é tornar esse material uma opção viável

economicamente, fazendo com que o desenvolvimento que se obteve desses materiais em laboratório atravessasse a barreira do mercado, tornando-se, assim, uma opção viável para as construções.

Desta forma, as pesquisas realizadas com este material estão trazendo resultados bastante positivos, entretanto para que a tecnologia seja empregada em maior escala, é essencial mais estudos que comprovem sua viabilidade econômica para que sua utilização alcance as obras do cotidiano e seu custo seja reduzido.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BATISTON, E. R. **Estudo exploratório dos efeitos de nanotubos de carbono em matrizes de cimento Portland**. Florianópolis, 2007, 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

CREMONINI, R. A.; DAL MOLIN, D.C.C.; CECCATO, D. M.; MANCIO M.; GOULART, J. **Desenvolvimento de um método de dosagem de concretos de alta resistência com baixo consumo de cimento**, IBRACON, 2001.

DAL MOLIN, D. C. C. **Contribuição ao estudo das propriedades mecânicas dos concretos de alta resistência com e sem adições de microssílica**. São Paulo, 1995. Tese de Doutorado em Engenharia. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ISAIA, G. C. **A água no concreto**. In: ISAIA, G.C. (Editor). **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011. vol 1, p. 311-346.

MARCONDES, C. G. N. **Adição de nanotubos de carbono em concretos de cimento Portland – absorção, permeabilidade, penetração de cloretos e propriedades mecânicas**, Curitiba 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) Área de Concentração em Materiais e Estruturas Universidade Federal do Paraná.

MELO, V. S. **Nanotecnologia Aplicada ao Concreto: Efeito da Mistura Física de Nanotubos de Carbono em Matrizes de Cimento Portland**. Dissertação - Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

MELO, V. S. et al. Desempenho de argamassas de cimento Portland contendo nanotubos de carbono e aditivo de melamina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 52., 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: IBRACON, 2010.

PACHECO-TORGAL, F.; MIRALDO, S.; DING, Y.; LABRINCHA, J.A. Targeting HPC with the Help of Nanoparticles: An Overview. **Construction and Building Materials**, v. 38, p. 365–370, 2013.

SANCHEZ, F.; SOBOLEV, K. Nanotechnology in concrete – A review. **Construction and Building Materials**, v. 24, n. 11, pp. 2060-2071, 2010.

SINGH, L. P.; KARADE, S. R.; BHATTACHARYYA, S. K.; YOUSUF, M. M.; AHALAWAT, S. Beneficial Role of Nanosilica in Cement Based Materials – A Review; **Construction and Building Materials**, v. 47, p. 1069–1077, 2013.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

SOLOS MELHORADOS: UM ESTUDO ACERCA DE MISTURAS SOLO-CIMENTO COM FOCO NA RIGIDEZ, RESISTÊNCIA E DURABILIDADE



Aluno: Giovani Jordi Bruschi

Orientadora: Suelen Cristina Vanzetto

INTRODUÇÃO

Perante o prisma prático, esta pesquisa avulta o ofício do engenheiro, que fazia uma vasta gama de impasses que concernem a geotecnia (lê-se, a variabilidade e a complexidade do solo em seu estado natural), particularmente quando as propriedades não atendem as exigências requeridas, sejam elas técnicas, econômicas e/ou ambientais.

De maneira específica, percebe-se que pesquisas acerca de solos artificialmente cimentados são o alvo contemporâneo de diversos journals relevantes à área da Engenharia Civil, como o *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*.

Alicerçada no estudo de Consoli (2013), esta pesquisa objetiva, sob a perspectiva acadêmica, prover um melhor entendimento da idiosincrasia de solos residuais artificialmente cimentados, visto que foram empregues, não apenas porcentagens de agente cimentício distintas, mas também a tipologia geotécnica do solo, inédito para a academia.

A mediação do estudo ocorre por intermédio da identificação e quantificação de variáveis, que permitam fornecer subsídios para que seja possível, a obtenção -de modo objetivo e com confiabilidade coerente- das propriedades requeridas de resistência e durabilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Durante o programa experimental, ensaios foram realizados para a determinação da influência da quantidade de cimento e da porosidade nas misturas. Verificou-se a resistência à compressão simples e tração por compressão diametral. Por fim, calculou-se a perda de massa e de rigidez acumulada nos ensaios de durabilidade. Os ensaios realizados são listados no Quadro 1.

1. Ensaios de Caracterização	1.1 Distribuição granulométrica
	1.2 Massa específica real dos grãos
	1.3 Compactação
	1.4 Limites de Atterberg
2. Ensaio de compressão simples	
3. Ensaio de tração por compressão diametral	
4. Ensaio de durabilidade	

Quadro 1 – Programa experimental

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A realização de ensaios para caracterização da distribuição granulométrica de um solo constitui um procedimento básico e fundamental em qualquer estudo. A análise granulométrica dos solos desta pesquisa foi realizada por peneiramento e sedimentação, seguindo o procedimento proposto na NBR 7181 (ABNT, 1984). De acordo com os tamanhos de partícula, a amostra foi classificada como uma argila.

O ensaio para determinação de massa específica real dos grãos foi realizado seguindo as especificações da norma NBR 6508 (1984). O valor obtido para a massa específica real dos grãos foi de 2,7 g/cm³.

O ensaio de compactação (Proctor modificado) foi realizado na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai – Campus Erechim, no laboratório de Solos de acordo com a norma NBR 7182 (1986). A curva de compactação mostra que para a umidade ótima de 23,8%, o peso específico aparente seco é de 16,29 kN/m³.

Na presente pesquisa, a determinação dos limites de Atterberg do solo estudado foi realizada conforme os procedimentos e recomendações das normativas NBR 6459 (Solo – Determinação do limite de liquidez) e NBR 7180 (Solo – Determinação do limite de plasticidade). O quadro 2 apresenta os valores obtidos para os limites de consistência.

Parâmetros	Valores Médios (%)
Limite de Liquidez (LL)	59,92
Limite de Plasticidade (LP)	45,01
Índice de Plasticidade (IP)	14,91

Quadro 2 – Limites de Atterberg

A partir dos resultados encontrados no ensaio de consistência a classificação do solo foi realizada. De acordo com a carta de plasticidade de Casagrande, o solo se caracteriza como (MH), fino de alta plasticidade, semipermeável a permeável. Conforme classificação tri-linear, o solo foi classificado como predominantemente argiloso. De acordo com a classificação *Highway Research Board* (HRB), o solo foi enquadrado como sendo A-7, solos argilosos, onde mais de 35% passando na peneira 200#. Para os ensaios de resistência à compressão simples foram analisadas as tendências e o comportamento do solo melhorado com cimento em função do peso específico aparente seco e porcentagens de cimento adotados para as amostras.

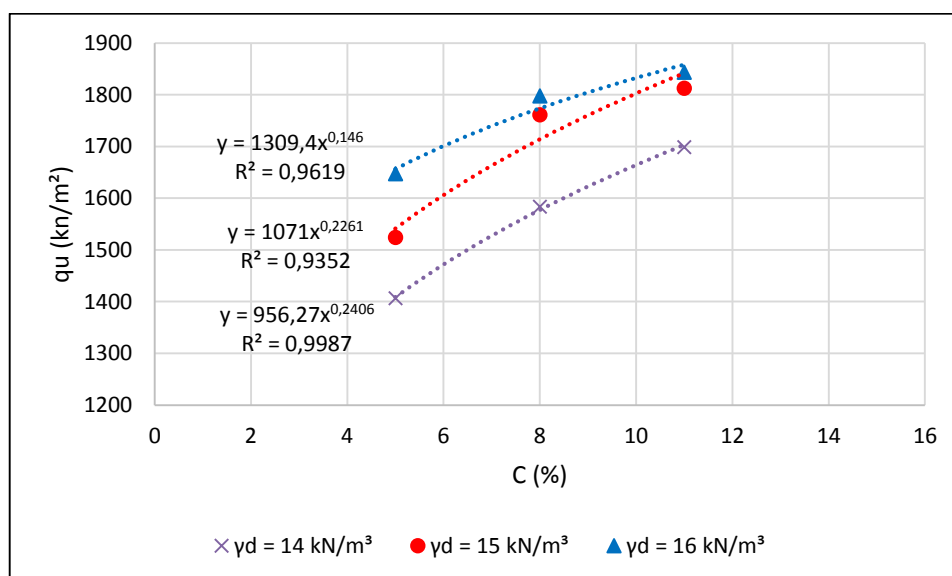


Figura 1 – Efeito do teor de cimento e do peso específico aparente seco

Observou-se que, de uma maneira geral, houve ganho de resistência à compressão simples com o aumento do teor de cimento. O mesmo foi verificado para os maiores pesos específicos, em que a resistência também se mostrou superior. Os valores de resistência à compressão simples obtidos variaram de 1406,26 kPa (para 5% de cimento e 14 kN/m³ de peso específico) a 1843,57 kPa (para 11% de cimento e 16 kN/m³ de peso específico).

De acordo com Foppa (2005), esse ganho de resistência com redução da porosidade é causado pela cimentação mais efetiva devido ao maior número de contatos entre as partículas existentes. Além disso, existe uma maior capacidade de distribuição de tensões no interior da amostra e maior capacidade de mobilização de atrito nas porosidades mais baixas, contribuindo para o aumento da resistência.

Com relação ao aumento do peso específico, para os casos estudados não se observou um aumento linear, sendo mais notável o aumento de resistência entre as curvas de 14 kN/m³ e 15 kN/m³ do que entre as curvas de 15 kN/m³ e 16 kN/m³. Com isto, prova-se que o aumento da resistência à compressão simples se torna menos expressivo conforme se compacta a amostra a elevados pesos específicos.

Para os ensaios de resistência à tração por compressão diametral realizados, foram analisados as tendências e o comportamento do solo melhorado com cimento em função do peso específico aparente seco da amostra e das porcentagens de cimento agregada a ela.

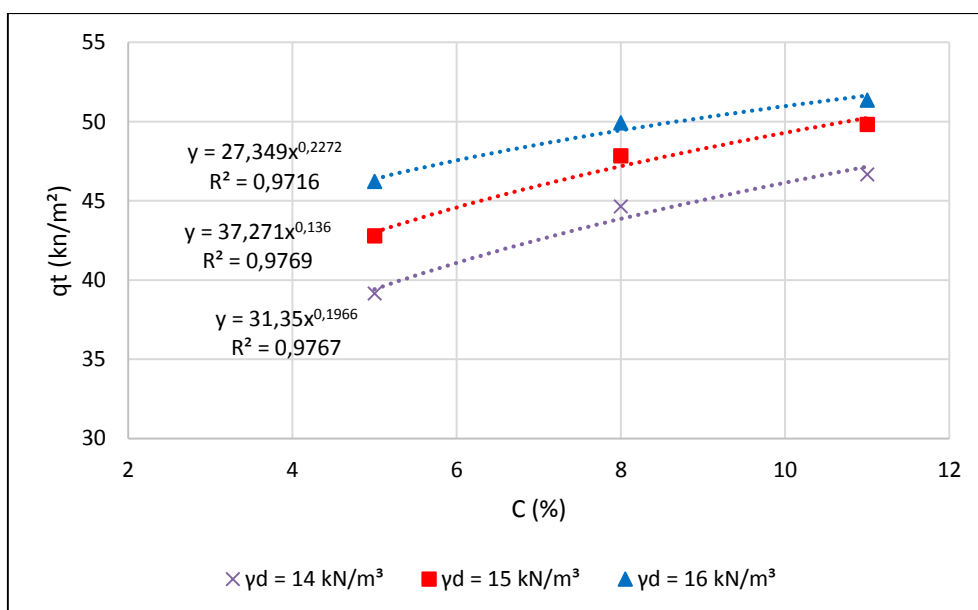


Figura 2 – Efeito do teor de cimento e do peso específico aparente seco - tração

Assim como para o caso da resistência à compressão simples, observou-se que, novamente, houve um ganho de resistência (neste caso à tração) com o aumento do teor de cimento estudado e que, para os maiores pesos específicos esta resistência também se mostrou superior. Os valores de resistência à tração variaram de 39,14 kPa (para 5% de cimento e 14 kN/m³ de peso específico) a 51,35 kPa (para 11% de cimento e 16 kN/m³ de peso específico).

Semelhante às tendências observadas no teste de resistência à compressão, as linhas de tendência são mais inclinadas quanto maior o peso específico, o que novamente foi averiguado nas equações, mostrando que, para a mesma diferença de pesos específicos, mas com aumento da porcentagem de cimento, a diferença nos valores de resistência foi muito maior para o maior teor de cimento.

Para avaliar a relação existente entre os valores de resistência à compressão simples e tração por compressão diametral, houve a divisão dos valores de qt por qu. Aos dados foi ajustada uma linha de

tendência linear, forçada a passar pela origem. Obteve-se a razão de 0,11 para as resistências, com coeficiente de determinação de 0,9834. A tensão de tração do solo-cimento, de acordo com estudos já realizados por Clough et al., (1981) e Consoli et al. (2007), varia de 9 e 14% da resistência à compressão simples. Portanto, o valor de aproximadamente 11% está dentro da faixa averiguada em estudos anteriores. Os resultados são apresentados na Figura 3.

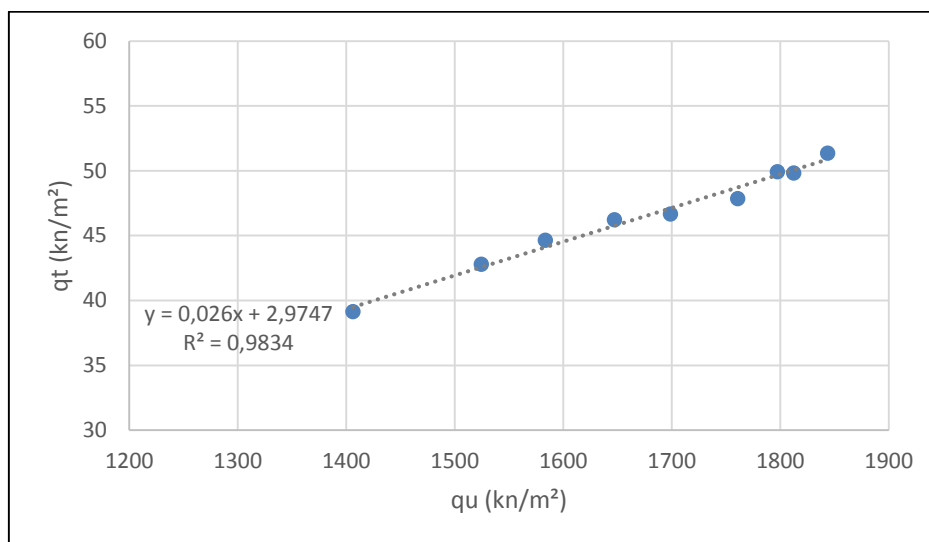


Figura 3 – Razão entre resistência à tração por compressão diametral e resistência à compressão simples

Inicialmente, avaliou-se a perda de massa individual em cada ciclo. Estes valores são apresentados com médias de perda de massa para todos os ciclos para cada corpo-de-prova no Quadro 2.

Amostra	Perda de Massa (%)
CP 14_05	0,59
CP 14_08	0,51
CP 14_11	0,47
CP 15_05	0,54
CP 15_08	0,47
CP 15_11	0,42
CP 16_05	0,51
CP 16_08	0,44
CP 16_11	0,37
*CP X_Y: Corpo de Prova; Peso específico aparente seco [KN/m³]; Teor de cimento [%].	

Quadro 2 – Perda de massa média por corpo-de-prova

Quanto maior o peso específico e teor de cimento da amostra, menor a perda de massa, uma vez que a amostra se torna menos porosa, dificultando a remoção de material na escovação, e o cimento aumenta a ligação entre os grãos. A média de perda de massa ao longo dos ciclos variou de 0,59% para o corpo-de-prova de menor peso específico e menor teor de cimento para 0,37 % para o corpo-de-prova de maior peso específico e maior teor de cimento.

Observou-se que com a perda de massa acumulada ao longo dos ciclos foi possível se ajustar uma reta para cada corpo-de-prova, com inclinação mais acentuada para corpos-de-prova de 5% de cimento e 14 kN/m³ de peso específico e menos acentuada no corpo-de-prova de maior porcentagem de cimento (11%) e maior peso específico. A perda de massa total alcançou aproximadamente 7% ao final de 12 ciclos no corpo-de-prova de 14 kN/m³ e 5% de cimento, sendo pouco superior a 4,4% no

corpo-de-prova de 11% de cimento e 16 kN/m³ de peso específico. Esses dados mostraram o quanto este aumento de teor de cimento e de compactação da amostra é significativo no aumento de durabilidade de uma amostra. A fim de se observar o comportamento dos corpos-de-prova em função da razão da porosidade pelo teor volumétrico de cimento, a perda de massa acumulada dos ciclos 3, 6, 9 e 12 foram plotadas em função do η/Civ ajustado para o coeficiente 0,28.

CONCLUSÕES

Verificou-se, de maneira geral, que a adição de cimento Portland de alta resistência inicial promoveu uma significativa melhoria no material, considerando-se os ensaios desenvolvidos e que o coeficiente de 0,28 no teor volumétrico de cimento forneceu um bom ajuste para todos os resultados.

Com relação à resistência à compressão simples e tração por compressão diametral, há um ganho de resistência com o aumento do teor de cimento e dos pesos específicos. Os valores de resistência para misturas de 5, 8 e 11% de cimento e 14, 15 e 16 kN/m³ de peso específico variam de aproximadamente 1406,26 kPa (para 5% de cimento e 14 kN/m³) a 1843,57 kPa (para 11% de cimento e 16 kN/m³), no caso da à compressão simples, 39,14 kPa (para 5% de cimento e 14 kN/m³) a 51,34 kPa (para 11% de cimento e 16 kN/m³) para tração por compressão diametral, em corpos-de-prova de 50 x 100 mm. O aumento do teor de cimento (para um mesmo peso específico) leva ao crescimento linear das resistências à compressão e tração. Entretanto, as linhas de tendência são mais inclinadas quanto maior o peso específico aparente seco das amostras, devido à cimentação mais efetiva pelo maior número de contatos entre as partículas existentes, e à maior capacidade de distribuição de tensões e mobilização de atrito a baixas porosidades, o que contribui para o aumento da resistência. O aumento das resistências é menos expressivo conforme se compacta a amostra a elevados pesos específicos.

As curvas de tendência de potência fornecem um coeficiente de determinação elevado para as resistências em função da porosidade pelo teor volumétrico de cimento (η/Civ), mostrando a influência do nível de cimentação e do nível de compactação na resistência das misturas. A utilização do expoente equivalente 0,28 no volume de agente cimentante fornece um melhor ajuste entre ganho de resistência à compressão simples devido à redução da porosidade e o ganho proporcionado pelo teor volumétrico adicionado de cimento.

No caso da resistência à compressão simples, o resultado típico de gráfico de tensão por deformação mostra pico característico de solos cimentados, o qual se torna mais visível quanto maior a porcentagem de cimento agregada à mistura. A razão entre as resistências de tração por compressão resulta em 0,11.

Nos ensaios de durabilidade, quanto maior o peso específico e teor de cimento da amostra, menor a perda de massa. A perda de massa total alcança até 7,0% no final dos 12 ciclos no corpo-de-prova de 14 kN/m³ e 5% de cimento, e 4,4% no corpo-de-prova de 11% de cimento e 16 kN/m³ de peso específico. Portanto, o aumento de porcentagem de cimento e de compactação da amostra é significativo no aumento de durabilidade dos corpos-de-prova com solo. Os valores de perda acumulada de massa divididos pelo número de ciclos em função do η/Civ ajustado para o coeficiente 0,28 fornecem a perda de acumulada, independentemente do ciclo, para as misturas em função da porosidade pelo teor volumétrico de cimento.

Em suma, com base nos resultados obtidos, defende-se que para os três teores de adição cimentícia (5%, 8%, e 11%), a metodologia apresentada por Consoli et. al. (2014) é válida para a previsão de parâmetros de resistência e durabilidade de solos finos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508**: grãos e solos que passam na peneira de 4,8 mm – determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.

BRUSCHI, G. J.; VANZETTO, S. C.

Solos Melhorados: Um Estudo Acerca de Misturas Solo-Cimento com Foco na Rigidez, Resistência e Durabilidade

_____. **NBR 7181**: solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 7182**: ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.

CLOUGH, G. W.; RAD, N. S.; BACHUS, R. C.; SITAR, N. **Cemented Sands Under Static Loading**. Journal of the Geotechnical Engineering Division, v. 107, n. 6, p. 799–817, 1981.

CONSOLI, N. C. **A method proposed for the assessment of failure envelopes of cemented sandy soils**. Engineering Geology, v. 169, p. 61-68, 2013.

CONSOLI, N. C.; FOPPA, D.; FESTUGATO, L.; HEINECK, K. S. **Key parameters for strength control of artificially cemented soil**. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 133. 2007.

CONSOLI, N.; QUIÑÓNEZ, R. A.; GONZÁLEZ, L. E.; LÓPEZ, R. A. **Influence of Molding Moisture Content a Porosity/Cement Index on Stiffness, Strength and Failure Envelopes of Artificially Cemented Fine-Grained Soils**. Journal of Materials in Civil Engineering, v. 29, 2014.

FOPPA, D. **Análise de Variáveis-chave no Controle da Resistência Mecânica de Solos Artificialmente Cimentados**. 2005. 143p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2005.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

DECOMPONDO OBSTÁCULOS: UMA PERSPECTIVA NA SELEÇÃO DE LOCAIS PARA BARRAGENS DE REJEITOS



**Alunos: Giovani Jordi Bruschi, Vinícius André Tochetto, Tainã Zanella Abrão,
Éverton Loregian, Pedro Vitor Parmigiani e João Vitor Orso**
Orientadora: Suelen Cristina Vanzetto

INTRODUÇÃO

A atividade mineradora apresenta-se como um dos fatores que, potencialmente, mais influenciam negativamente no meio ambiente. Nos países onde há falta de controle ambiental, de acordo com Burrit *et al.* (2018), a mineração defronta diretamente com o âmbito socioambiental, devido à sua interferência nos ecossistemas e nas comunidades. O desenvolvimento de novas tecnologias bem como a aplicação e progressão de novas metodologias é de fundamental importância para a minimização de tais impactos. Empresas de mineração atualmente têm consciência da necessidade de investimentos adicionais relacionados ao controle ambiental desde o início do projeto até a mitigação ambiental.

Em consonância com Omachi *et al.* (2018), os resíduos sólidos apresentam-se como o principal responsável pelo impacto ambiental em atividades de mineração. Um dos principais intentos das empresas mineradoras, para o cumprimento das exigências ambientais, é o tratamento e armazenamento de resíduos para a minimização de custos e maximização da segurança, visto que a disposição dos resíduos é catalogada como um custo adicional e sem retorno dentro do próprio projeto.

Relacionar as variáveis que se consideram na escolha de locais para a implantação de barragens de rejeitos, constitui-se como o objetivo deste estudo, além da verificação da abrangência das terminologias e conceitos no desenvolvimento social, ambiental e econômico.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ishihara *et al.* (2015) dita que, diversos influenciam na designação da localização da construção de uma barragem de rejeitos, dentre os principais o autor destaca: (i) localização e elevação relativa da usina de beneficiamento; (ii) topografia; (iii) hidrologia e área de captação; (iv) geologia; (v) áreas subterrâneas; e (vi) clima.

Em consonância com Ishihara *et al.* (2015), para um represamento do tipo anel, a melhor é opção encontra-se em terrenos planos, onde não existem depressões topográficas naturais. Faz-se necessária uma grande quantia de material de aterro em relação à quantidade de volume represado. Dado que todos os lados da estrutura são fechados, são eliminadas as contribuições externas da bacia hidrográfica, reduzindo a percolação, e apenas acumula-se a água da polpa que cai diretamente na barragem. A Figura 1 apresenta sistematicamente este tipo de represamento, de tipo simples (vide Figura 1a) e segmentado (vide Figura 2b).

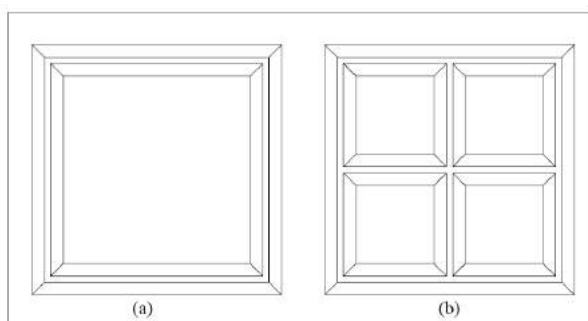


Figura 1 - Represamento em anel: (a) simples, (b) múltiplos.

Para um represamento em bacia, Ishihara et al. (2015) afirmam que, a disposição espacial não se distingue das barragens convencionais para represamento de água. A barragem permanece encontrada em uma única depressão topográfica, e pode-se dispor em uma ou várias etapas, conforme mostrado na Figura 2.

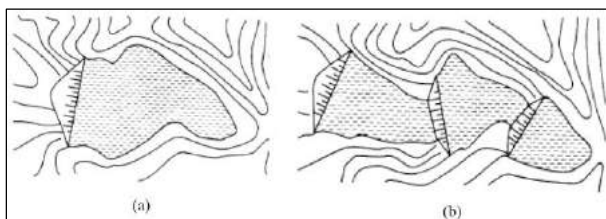


Figura 2 - Represamento em bacia: (a) simples, (b) múltiplos.

Para represamento em meia encosta, o Ishihara et al. (2015) concluem que, o arranjo pode ser utilizado quando não existe drenagem natural na zona de deposição dos rejeitos, e quando os taludes mais íngremes da encosta têm inclinação menor do que 10%. O volume de material de aterro pode chegar a ser excessivo em relação aos volumes de deposição e armazenamento de rejeitos. Este tipo de represamento é apresentado esquematicamente na Figura 3.

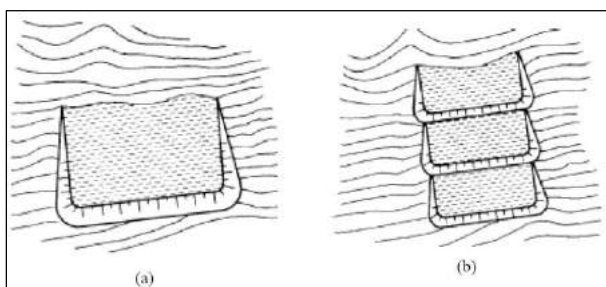


Figura 3 - Represamento a meia encosta: (a) simples, (b) múltiplos

No Represamento em vale, Ishihara et al. (2015) asseveram que, seu formato concretiza-se por uma combinação do represamento em bacia e a meia encosta. Este arranjo é aplicado quando o vale é extremamente largo, e existem nas margens áreas adequadas para a construção da barragem que não interferem com a drenagem natural. Para a construção deste tipo de represamento, deve-se desviar completamente o fluxo da zona de inundação em volta do represamento; o represamento fica na

parede oposta ao canal de desvio. Na Figura 4 é apresentado esquematicamente este tipo de represamento, em uma etapa e em múltiplas etapas.

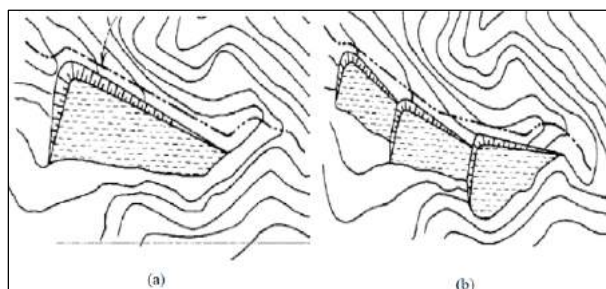


Figura 4 - Represamento em vale: (a) simples, (b) múltiplos

A quantia de estudos e levantamentos necessários para a seleção de um local, em consonância com Ribeiro et al. (2018), depende diretamente da poluição potencial a curto ou longo prazo dos rejeitos e das regulamentações regionais específicas do local da mina.

Zuquette e Gandolfi (2004) apresentam um esquema de aspetos técnicos, que correlacionam o aterro sanitário com a natureza, que é facilmente aplicável a barragens de rejeitos, visto que os rejeitos, como os resíduos, constituem uma fonte de poluição que contamina diretamente o meio físico (materiais inconsolidados, águas sub e superficiais e substrato rochoso), e que a contaminação varia não só em função da quantidade do rejeito ou lixo, mas principalmente quanto ao tipo.

Kossoff et al. (2014), divide o processo de seleção em duas fases, a Fase 1 (vide quadro 1) de avaliação preliminar, e a Fase 2 (vide quadro 2) de avaliação e investigação detalhada.

Fase 1 – Avaliação preliminar	
Encargo 01	Investigação regional
Encargo 02	Identificação de locais
Encargo 03	Análise de características desfavoráveis
Encargo 04	Investigação dos locais restantes
Encargo 05	Avaliação qualitativa e classificação
Encargo 06	Avaliação semi-quantitativa e classificação
Encargo 07	Análise de custos
Encargo 08	Seleção de alternativas

Quadro 1 – Avaliação preliminar

A avaliação preliminar normalmente pode ser feita usando mapas topográficos podendo ser de muita ajuda a utilização de fotos aéreas da zona a ser estudada. As informações nesta fase incluem: (i) geologia; (ii) localização da mina; (iii) qualidade e produção; (iv) natureza e produção dos rejeitos; (v) localização de outras minas na área; (vi) regulamentações do tipo de material; e (vii) hidrologia, hidrogeologia, geoquímica, clima, demografia, arqueologia, ecologia, usos do solo e potenciais zonas mineralizadas na área (DAUCE et. al., 2018).

Fase 2 – Avaliação e investigação avançada	
Encargo 09	Investigação detalhada
Encargo 10	Projeto conceitual dos locais
Encargo 11	Avaliação dos custos e riscos
Encargo 12	Classificação dos locais
Encargo 13	Preparação da documentação

Quadro 2 – Avaliação avançada

Consoante à Kossoff et al. (2014), a avaliação da Fase 2 corresponde às características individuais dos locais selecionados na Fase 1. Só se tratam os elementos individuais que se relacionam na avaliação preliminar.

Alguns atributos devem ser considerados nos procedimentos de seleção de locais para disposição de resíduos. Estes atributos são apresentados em nível de análise geral, e se definem classes associadas a intervalos quanto ao grau de restrições de meio físico, sendo eles: (i) substrato rochoso; (ii) materiais inconsolidados; (iii) água; (iv) feições; (v) relevo; e (vi) características climáticas. (ZUQUETTE E GANDOLFI, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A mineração brasileira, no campo da gestão ambiental e no plano de seu relacionamento com a sociedade, tem logrado muitos avanços, vários deles em linha com as tendências internacionais. Todavia, estes avanços ainda precisam ser disseminados pela maioria das empresas e ainda não foram plenamente incorporados pelos órgãos reguladores.

A mineração encontra-se entre as atividades para as quais, na parte majoritária dos países, se carece a preparação antecipada de um estudo de viabilidade do impacto ambiental ou de outra forma equivalente de estudo ambiental, no qual são encontradas e escrutinadas as consequências potenciais provenientes da implantação, operação e desativação de um empreendimento e suas alternativas, assim como as medidas propostas para evitar, reduzir ou compensar os impactos negativos e valorizar os positivos.

A conjectura de impactos ambientais apresenta-se como um importante instrumento em contínua evolução e uma das inquietações hodiernas baseia-se na determinação do real peso nas decisões governamentais e empresariais.

Existem diversos parâmetros avaliativos que devem ser analisados para a classificação da segurança e viabilidade, e estes parâmetros ainda não foram padronizados inteiramente na literatura. Parâmetros quantitativos, como altura, comprimento da crista, consequências sociais, econômicas e ambientais a jusante, questões estruturais das barragens e custos para reabilitação são aspectos que devem ser levados em consideração, mas ainda carecem de estudos.

A dificuldade de padronização destes aspectos se alicerça nas divergências de gestão de cada localidade, e pelo fato de cada barragem apresentar características próprias (solo, método de construção, propriedades dos rejeitos).

METODOLOGIA

Este estudo descritivo possui como metodologia a pesquisa bibliográfica, operacionalizada por intermédio da técnica de desk-research. Nesta técnica os dados coletados não são primários, assim cabe ao pesquisador organizar as informações disponíveis para entender melhor o tema estudado (PRODANOV, et. al., 2013).

Com isso, esta pesquisa teve como base anais de Congressos, do Banco Digital de Teses e Dissertações bem como Livros, que datam entre 2000 e 2018, tendo como palavras-chave para a busca: barragem de rejeitos, decisão, impacto ambiental, resíduos de mineração e técnicas de tratamento.

Neste cenário diversos artigos foram selecionados nas principais bases do Web of Science. Na seção porvindoura, serão apresentadas as conclusões obtidas a partir da leitura e interpretação das teorias expostas na seção anterior.

CONCLUSÕES

É de fundamental importância uma correta e precisa avaliação dos projetos da barragem de rejeitos, vinculando todo tipo de variável que pode influenciar na obra, direta ou indiretamente, características como: sociais, hidrológicas, topográficas, geotécnicas, geológicas, aspectos ambientais e as avaliações de riscos de ruptura ou contaminação para a sociedade, fauna, flora e rios.

De modo a evitar, em primeira instância que se atinja um grau relativamente baixo de confiabilidade nos sistemas adotados na construção, possibilitando desta forma causar acidentes, prejuízos e danos, tanto físicos quanto financeiros ou até mesmo ambientais.

Tendo este quadro em mente, tornam-se óbvia a importância de se avaliar, monitorar, e acompanhar os instrumentos de controle de riscos, fatores de qualidade, que estão diretamente relacionados com a confiabilidade das barragens de rejeitos.

Com a utilização destes controles, podem e devem ser atingidos melhores níveis de confiabilidade, diminuindo, desta forma, os riscos de acidentes fatais e/ou graves.

Dentro deste contexto, o gerenciamento e controle frequentemente das barragens no decorrer de todo o ciclo da vida útil é muito importante, para a avaliação dos impactos ambientais e medidas mitigadoras, tendo em vista a organização e busca do conhecimento no bloqueio das causas que geram falhas pré-maturas.

REFERÊNCIAS

BURRITT, R. L.; CHRIST, K. L. **Water risk in mining: Analysis of the Samarco dam failure.** Journal of Cleaner Production, v. 178, n. 2, p. 196-205, 2018.

OMACHI, C. Y.; SIANI, M. O. S.; CHAGAS, F. M.; MASCAGNI, M. L; CORDEIRO, M.; GARCIA, G. D.; THOMPSON, C. C.; SIEGLE, E.; THOMPSON, F. L. **Atlantic Forest loss caused by the world's largest tailing dam collapse (Fundão Dam, Mariana, Brazil).** Remote Sensing Applications: Society and Environment, v. 12, n. 2, p. 30-34, 2018.

ISHIHARA, K.; UENO, K.; YAMAA, S.; YASUDA, S.; YONEOKA, T. **Breach of a tailings dam in the 2011 earthquake in Japan.** Soil Dynamics and Earthquake Engineering, v. 68, p. 3-22, 2015.

BRUSCHI, G. J.; TOCHETTO, V. A.; ABRÃO, T. Z.; LOREGIAN, E.; PARMIGIANI, P. V.; ORSO, J. V.; VANZETTO, S. C.

Decompondo Obstáculos: Uma Perspectiva na Seleção de Locais para Barragens de Rejeitos

RIBEIRO, R. A.; GIANNINI, T. C.; GASTAUER, M.; AWADE, M.; SIQUEIRA, J. O. **Topsoil application during the rehabilitation of a manganese tailing dam increases plant taxonomic, phylogenetic and functional.** Journal of Environmental Management, v. 227, p. 386-394, 2018.

KOSSOFF, D.; DUBBIN, W. E.; ALFREDSSON, M.; EDWARDS, S. J.; MACKLIN, M. G.; HUDSON-EDWARDS, K. A. **Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts, and remediation.** Applied Geochemistry, v. 51, p. 229-245, 2014.

DAUCE, P. D.; CASTRO, G. B.; LIMA, M. M. F.; LIMA, R. M. F. L. **Characterization and magnetic concentration of an iron ore tailings.** Journal of Materials Research and Technology, 2018.

ZUQUETTE, L.V.; GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 190 p.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E
PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS****AVALIAÇÃO DE ARGAMASSA AUTONIVELANTE COM
SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND
POR CINZA DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR (CBCA)****Aluno: Gustavo Calza****Orientador: MSc. Suelen Cristina Vanzetto****INTRODUÇÃO**

A necessidade de geração e desenvolvimento de novos materiais e tecnologias acompanha a humanidade há milhares de anos. Esse desenvolvimento busca sempre melhorar as condições de vida e trabalho para o homem, especialmente no ramo da construção civil, onde muitas das evoluções significativas foram ganhando espaço e sendo incorporados aos costumes.

No Brasil, de tudo que é extraído da natureza, entre 20% e 50% das matérias-primas naturais são de responsabilidade da construção civil, que se caracteriza como um dos setores que mais consomem recursos naturais (AEC WEB, 2018). Outro ponto a ser destacado é que a indústria do cimento é responsável por aproximadamente 3% das emissões mundiais de gases de efeito estufa e por aproximadamente 5% das emissões de CO₂, proveniente do processo de clínquerização, no qual para cada tonelada produzida, são gerados 600kg de dióxido de carbono (CO₂) (MAURY et al, 2012).

A procura por alternativas de utilização de resíduos industriais tornando-os subprodutos e ainda agregar valor, tornou-se uma busca incessante de todas as cadeias produtivas. Na construção civil, a opção de se reutilizar resíduos de outras indústrias como matéria-prima, pode ser uma possibilidade atraente, pois pode gerar redução de gastos financeiros e de impactos ambientais. Nesse contexto, há um grande interesse de tais materiais alternativos que demandam menor energia e liberam menos CO₂ para a atmosfera, em substituição ao cimento Portland.

A cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA) segundo estudos realizados, apresenta atividade pozolânica, característica que possibilita o uso na substituição parcial do cimento Portland em argamassas, ou até mesmo, como substituto de agregados miúdos.

O presente trabalho propõe reduzir o impacto ambiental causado pela argamassa e dos resíduos no ambiente, uma alternativa é a utilização do resíduo da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA) para a fabricação de argamassa autonivelante, em substituição parcial do cimento Portland.

MATERIAL E MÉTODOS

Objetivando mostrar os materiais utilizados, bem como a metodologia a ser empregada na confecção dos corpos de prova de argamassa e os ensaios a serem realizados, este capítulo desenvolve a metodologia experimental no estudo do desenvolvimento de uma argamassa autonivelante com substituição parcial do cimento Portland pelo resíduo de cinza da queima do bagaço da cana-de-açúcar.

Os materiais utilizados para a produção da argamassa autonivelante foram, cimento Portland composto com adição de pozolana CP II-Z-32, calcário em pó, areia fina natural como agregado miúdo, aditivo incorporador de ar, aditivo superplastificante, gesso em pó e resíduo da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA), todos esses materiais podem ser observados na Figura 1.



Figura 1 – Materiais utilizados para produção de argamassa autonivelante

A metodologia empregada para a produção das argamassas foi feita totalmente no laboratório da engenharia civil (LAPATEC) da URI – Câmpus de Erechim. No presente trabalho foi proposto a produção de uma argamassa referência, sem adição de CBCA, e outras argamassa com teores de 3%, 5% e 10% de CBCA em substituição ao cimento Portland.

Assim que separados todos os materiais que foram utilizados nesse trabalho, com o auxílio da revisão bibliográfica foi possível produzir as argamassas, realizando ensaios no estado fresco e endurecido para posteriormente analisar os resultados obtidos. A sequência correta do trabalho pode ser visto conforme a Figura 2.

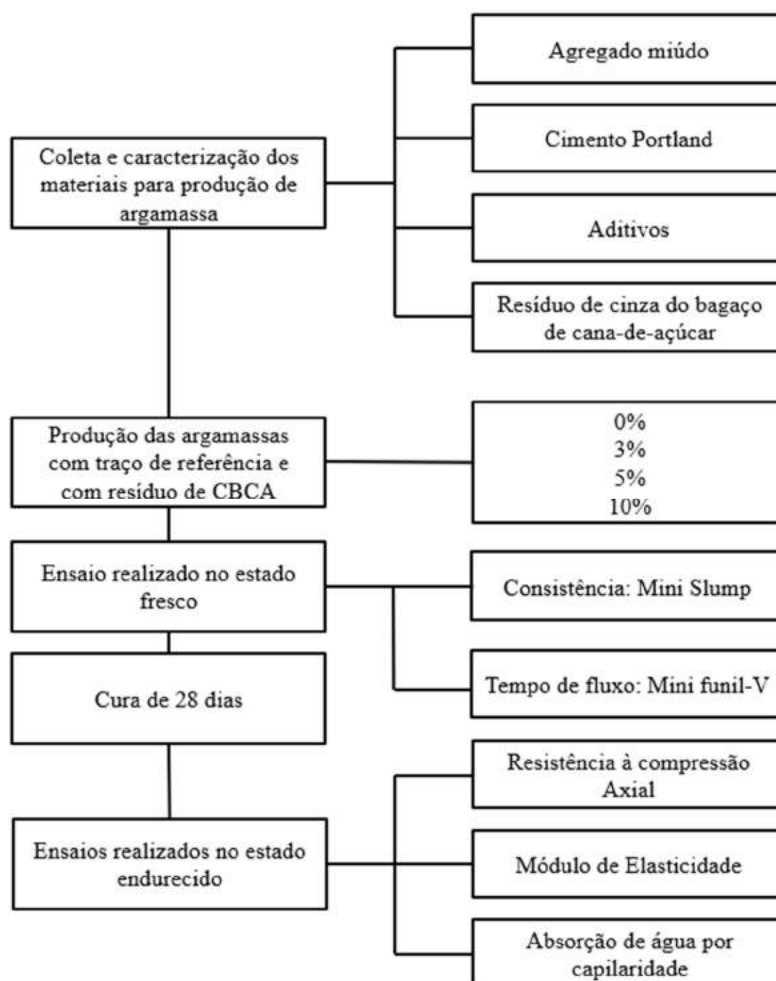


Figura 2 – Metodologia adotada

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados dos ensaios realizado, a fim de verificar a viabilidade de utilização da cinza da queima do bagaço da cana-de-açúcar como substituição parcial do cimento Portland na confecção de argamassas autonivelantes. Cada teor para a produção das argamassas teve suas quantidades de materiais anotados em uma planilha e posteriormente foram anotados os resultados dos ensaios no estado fresco. No estado fresco foram realizados os ensaios de consistência e tempo de fluxo, utilizando o mini slump e mini funil-V, respectivamente, e comparados com a norma para verificar se estavam em conformidade. Os resultados podem ser vistos na Tabela 1 a seguir.

Teor de substituição (%)	0	3	5	10
Cimento (kg)	1,440	1,396	1,368	1,296
Gesso em pó (kg)	0,160	0,160	0,160	0,160
Areia (kg)	1,920	1,920	1,920	1,920
Pó calcário (kg)	1,280	1,280	1,280	1,280
Incorporador de Ar (%)	0,30	0,30	0,30	0,30
Superplastificante (%)	1,69	1,65	1,65	1,65
Cinza (kg)	0	0,0432	0,072	0,144
Relação água/aglomerante	0,46	0,46	0,46	0,46
Consistência média (mm)	368,0	376,6	375,0	386,6
Tempo de fluxo médio (segundos)	5,78	5,97	4,75	7,20

Tabela 1 – Quantidade de materiais utilizados

Após o tempo de cura de 28 dias em câmara úmida, foi possível realizar o ensaio de resistência a compressão no estado endurecido, conforme descrito abaixo.

Resistência à Compressão Axial

O ensaio de resistência à compressão é um dos principais requisitos para a produção de argamassas, se refere a capacidade do elemento em resistir aos esforços sem entrar em ruptura (MARTINS, 2011). O gráfico 1 mostra a influência que ocorre na resistência à compressão das argamassas, com a substituição parcial do cimento por cinza do bagaço da cana-de-açúcar.

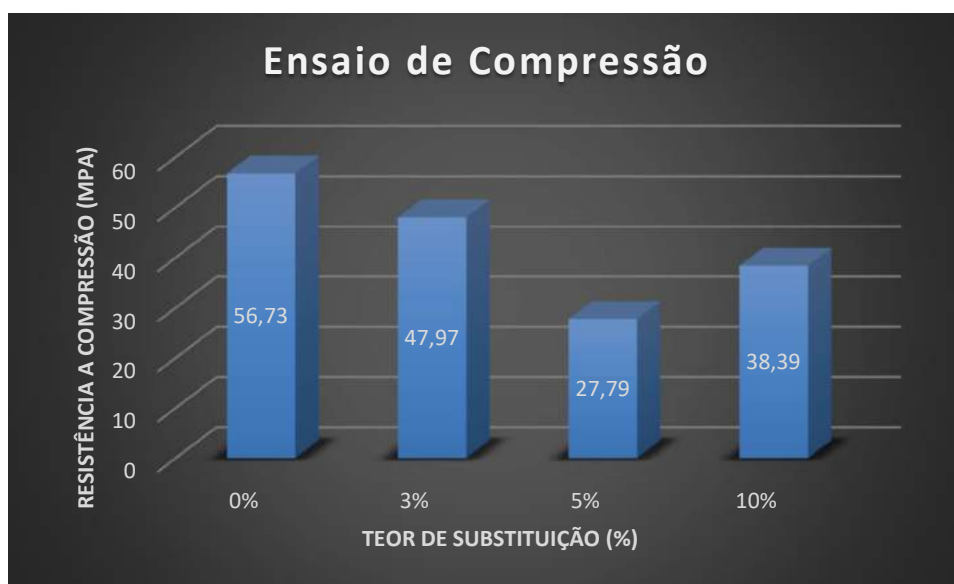


Gráfico 1 – Resistência a compressão

De acordo com o gráfico 1, observa-se que o aumento nas porcentagens de CBCA proporcionou decréscimo na resistência à compressão para os teores de 3%, 5% e 10%, nos valores de 15,44%, 51,01% e 32,33% respectivamente, comparando ao valor de referência.

Compreende-se por meio do gráfico e do teste Tukey, que o teor de 3% com 47,97 MPa, obteve valor próximo da referência com 56,73 MPa, sendo estatisticamente iguais. Já o teor de 5% com 27,79 MPa, teve decréscimo significativo em comparação à referência, apresentando menor resistência à compressão.

Analisando as prescrições estabelecidas pela EFNARC (2001) para argamassas autonivelantes, onde os valores mínimos para ensaio envolvendo compressão com substratos de concreto, devem ser superiores a 20MPa, observa-se que todas as argamassas autonivelantes estudadas estão em conformidade com a mesma.

CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo analisar, a partir de avaliações laboratoriais, o desempenho físico-mecânico de argamassa autonivelante para contrapiso produzidas com substituição parcial do cimento Portland por cinza do bagaço da cana-de-açúcar, buscando a redução dos impactos ambientais, nos teores de 0%, 3%, 5% e 10% no tempo de cura de 28 dias.

Ao final, conclui-se que a substituição parcial do cimento Portland pela cinza do bagaço da cana-de-açúcar é viável. Sendo o teor de 10% de substituição considerado bom, frente ao ensaio de resistência à compressão com valor acima do previsto pela norma. Portanto o maior teor de substituição é visto com bons olhos, pois além de ambientalmente vantajoso, dando um destino apropriado a cinza, visto que antes era descartada a maior parte em aterros sanitários, possibilita baratear o custo do metro cúbico da argamassa ao utilizar um material com preço de mercado abaixo do cimento Portland.

REFERÊNCIAS

AEC WEB: Os verdadeiros impactos da construção civil. **Notícias, 2018**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/n/os-verdadeiros-impactos-da-construcao-civil_2206>. Acesso em Maio de 2018.

EFNARC - EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS. **Specification & guidelines for polymermodified cementitious flooring as wearing surfaces for industrial and commercial use**. United Kingdom, 2001.

MARTINS, L. D. **Desenvolvimento de argamassa autoadensável de alta resistência**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Concreto. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MAURY, M. B.; BLUMENSCHIN, R. N. Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente. **Revista Sustentabilidade em Debate**, v-3, n. 1, p. 75-96. 2012.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

ANÁLISE DOS PRINCIPAIS PROCESSOS DE ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS



Aluno: Jéssica Maria Woitysiak
Orientador: Prof^a. Msc. Suelen Cristina Vanzetto

INTRODUÇÃO

O solo é a camada mais superficial da crosta terrestre e apresenta inúmeras variações, devido aos fatores de formação, onde incluem-se: origem, relevo, clima, tempo e organismo. Tais fatores combinados são determinantes para a formação do solo, ressaltando-se ainda que a maior ou menor intensidade pela qual um ou mais desses fatores agem na formação do mesmo, influi diretamente para a sua caracterização (SARTORI, 2015).

O Brasil, devido ao seu extenso território, possui solos completamente distintos de região para região, que sofreram e sofrem influência dos fatores de formação, muitas vezes não sendo adequados para determinada obra de engenharia. Isso implica na busca por alternativas que devem ser utilizadas a fim de suprir as principais deficiências de um determinado tipo de material. Ou seja, ao invés de fazer uma grande movimentação de material, pode-se usar o solo local estabilizado, gerando economia em transporte e/ou compra de agregados (SARTORI, 2015).

METODOLOGIA

Este estudo constitui uma revisão bibliográfica de caráter analítico e comparativo a respeito dos principais processos de estabilização de solos utilizados atualmente, com o propósito de analisar o método mais eficaz.

Após a seleção dos artigos foram seguidos os seguintes passos: leitura exploratória; leitura seletiva e escolha do material adequados aos objetivos e tema deste estudo; leitura analítica e análise dos textos, finalizando com a realização de leitura interpretativa e redação.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estabilização de solos

Entende-se por "estabilização do solo" qualquer processo, natural ou artificial, pelo qual um solo, sob o efeito de cargas aplicadas, se torna mais resistente à deformação e ao deslocamento. De acordo com Oliveira (2010), o processo de estabilização de solos consiste no conjunto de ações que buscam melhoria ou estabilidade das principais propriedades do solo, como resistência, permeabilidade e deformabilidade.

A melhoria das principais propriedades do solo, através da estabilização, é atingida alterando-se o seu ângulo de atrito interno e sua coesão, que dependem principalmente de três aspectos: compacidade, granulometria e umidade (GOULART et al, 2016).

Tipos de estabilização de solos

A estabilização de solos pode ser obtida por várias técnicas que são divididas em três grupos: meios mecânicos, químicos e físicos. As estabilizações que empregam meios mecânicos, correspondem aos procedimentos que alteram apenas o arranjo das partículas do solo ou a granulometria deste, tais como a compactação e a estabilização granulométrica. Já as estabilizações que empregam meios físicos, as propriedades do solo são alteradas através da ação do calor e eletricidade, e nos químicos utiliza-se aditivos orgânicos ou inorgânicos, como a cal, o cimento Portland, silicatos de sódio, materiais betuminosos, resinas, fibras e outros. (GUIMARRÃES, 2002; SILVA, 2007).

A escolha do método a ser utilizado é baseada nas análises econômicas e técnicas, a fim de se escolher aquele mais adequado ao processo. Pessoa (2004), menciona que a utilização correta das técnicas de estabilização de solos leva à redução nos tempos de execução da obra, viabiliza a industrialização do processo construtivo além de proporcionar uma considerável economia para o empreendimento em questão.

Brito e Paranhos (2017), consideram a estabilização mecânica o método mais utilizado e mais antigo na construção de estradas. A estabilização mecânica através da compactação corresponde a ação mecânica imposta ao solo quando submetido a um esforço de compressão, provocando a redução do seu índice de vazios, decorrente da expulsão de ar contido em seu meio, inibindo a percolação da água e a erosão. Sendo assim, a finalidade da compactação é elevar a densidade do solo, aumentando ao mesmo tempo a sua resistência. Esse método é responsável pela melhoria da estabilidade mecânica da maior parte dos tipos de solo, no entanto, existem casos em que somente a compactação não é suficiente, e passa a ser usada em conjunto com outros métodos de estabilização (TRINDADE, 2008; BRITO, PARANHOS, 2017).

Já a estabilização granulométrica, consiste na combinação e manipulação de solos, através da redistribuição das partículas do solo. Neste tipo de estabilização, as propriedades do solo são modificadas em uma mistura na qual a resistência seja garantida pelo contato entre os grãos das partículas maiores e os vazios sejam preenchidos pelos grãos das partículas mais finas, de maneira a propiciar uma menor permeabilidade e maior densidade (GONDIM, 2008; PINTO, 2008).

A estabilização física é classificada em elétrica e térmica. A primeira consiste na passagem de uma corrente elétrica pelo solo, enquanto a estabilização térmica é feita pelo emprego de energia térmica por meio de congelamento (solução temporária, onde é alterada a textura do solo), termo-osmose (técnica de drenagem onde é promovida a difusão de um fluido em um meio poroso pela ação de gradientes de temperatura) e o aquecimento (técnica que busca rearranjos na rede cristalina dos minerais constituintes do solo) (SILVA, 2007).

Para Brito e Paranhos (2017), na estabilização química o solo tem sua estrutura alterada. Com a adição de estabilizadores ao solo natural, ocorrem reações químicas que ajudam a atingir a umidade ótima para uma boa compactação, promovendo o preenchimento dos poros e assegurando a melhoria das propriedades físicas e mecânicas do solo, para a obtenção da resistência exigida em projeto.

Estabilização com Solo-Cimento

A estabilização de solos com cimento refere-se à mistura homogênea entre o solo, o cimento e a água (cujas proporções devem ser determinadas por ensaios em laboratório) e posterior

compactação e cura. A princípio, todos os tipos de solo podem ser estabilizados com cimento, contudo, alguns tornam-se inviáveis economicamente devido ao alto teor de cimento que deve ser adicionado à mistura. Para que haja uma boa aceitação da mistura do solo com o cimento, é necessário que a quantidade de cimento a ser adicionado seja dosada corretamente, sendo que esta varia conforme a qualidade do solo utilizado e do teor de umidade ótima (SARTORI, 2015; BRITO, PARANHOS, 2017).

De acordo com Sartori (2015), a dosagem pode ser determinada através do Método Simplificado, uma metodologia empírica, que utiliza tabelas e ábacos, que estima o teor para cada tipo de solo, levando em consideração a sua resistência à compressão e teor de água, conforme apresenta a figura 1.

Figura 1 - Teor de Cimento conforme o tipo de solo

Solo	Teor de Cimento (%)	Resistência à Comp. aos 7 dias (MPa)	Densidade Seca (g/cm ³)	Teor de Água (%)
Argila Siltosa	7	2,40	1,78	16
	10	2,74	1,78	
	13	3,09	1,78	
Argila Arenosa	7	1,78	1,87	14
	10	2,62	1,89	
	13	3,64	1,89	
Areia Argilosa	7	1,65	1,78	12
	10	1,94	1,82	
	13	2,69	1,84	
Areia de Granulometria Uniforme	7	1,44	1,78	10
	10	2,81	1,84	
	13	5,88	1,89	
Seixo Mal Graduado	7	1,10	1,99	10
	10	2,47	2,01	
	13	3,84	2,04	

Fonte: SARTORI, 2015.

Sartori (2015) menciona ainda que para solos argilosos, o uso de cimento como aditivo torna-se inviável, sendo este material comumente indicado para solos mais arenosos, onde usaria menor quantidade de aditivo, tornando assim a mistura mais vantajosa na relação custo x benefício.

Em solos granulares, a adição de cimento cria ligações nos contatos intergranulares aumentando a resistência à coesão, já em solos finos, ocorre a floculação em torno do grão de cimento, ligando o solo por cimentação. De modo geral, os solos estabilizados com cimento têm algumas propriedades melhoradas: redução da coesão (plasticidade), diminuição da expansão do volume, redução da compressibilidade e ganho de resistência mecânica (BRITO; PARANHOS, 2017).

Estabilização com Solo-Cal

A cal hidratada é um material extremamente fino e leve, utilizada na construção civil como aglomerante. O seu uso como aditivo em solos para fins de estabilização deve-se ao fato desta ser um excelente reagente, que torna o solo impermeável, com maior capacidade de resistir a carregamentos e intempéries, e aplicável em bases de pavimentos urbanos e rodoviários (SARTORI, 2015).

Segundo Silva (2007), na estabilização de solos com cal ocorre de início a hidratação da cal que modifica o pH do solo e provoca a floculação das argilas em função das reações de troca de cátions. Após essa etapa o material sofre uma redução de expansão e retração melhorando sua plasticidade. Com o tempo, há a produção de reações pozolânicas e fenômenos de carbonatação proporcionando ao material melhores características geo-mecânicas.

A estabilização com cal influencia diretamente na melhora na plasticidade, na trabalhabilidade e nas características de resistência, tensão-deformação e fadiga. Para tanto, essas alterações dependem de diversos fatores como tipo e teor de cal, energia de compactação, período e condições de cura (SILVA, 2007).

Todo solo que contém argila pode ser estabilizado com cal e geralmente se o índice de plasticidade for maior ou igual a 10%, a estabilização com cal é mais econômica do que com o cimento (SILVA, 2007).

Reforço de solos com Fibras

As fibras se sobressaem ao oferecerem condições satisfatórias de utilização em alguns setores da construção civil pois aumentam a resistência à tração. A inclusão aleatória dessas fibras gera um compósito interessante para a engenharia geotécnica, o chamado fibrossolo, nos quais os solos reforçados com determinados tipos de fibras podem apresentar melhorias em muitos parâmetros tornando-se aptos a desempenhar determinadas funções que anteriormente não poderiam (SILVA, 2007).

Silva (2007) cita que a presença de fibras modifica o comportamento do solo tornando-o mais dúctil, coesivo e levemente mais compressível. Por outro lado, a adição de fibras afeta a permeabilidade dos solos: causam uma redução no coeficiente de permeabilidade de solos mais permeáveis e provocam um efeito inverso nos menos permeáveis.

DISCUSSÃO

Com base no que foi apresentado até então, observa-se a diversidade de soluções para estabilização de solos, seja mecânica, física ou química, ou até mesmo a combinação de duas. Segundo Brito e Paranhos (2017), na prática é comum executar mais de um tipo de estabilização ao mesmo tempo, sendo a compactação junto a correção granulométrica, a adição de estabilizantes químicos e a compactação, ou até mesmo a combinação dos três métodos juntos.

As técnicas de estabilização abordadas se diferenciam pela forma com que interagem e reagem com o solo, no entanto, todas têm o propósito de mudar as propriedades e características do solo disponível no local, com a finalidade de melhorar a sua resistência e capacidade de carga, para adequá-lo às especificações de projeto.

A estabilização por compactação demonstra-se eficiente para a maioria dos tipos de solos, sendo o método mais conhecido e utilizado, já que pode ser aplicado só ou combinado a outras técnicas. Já a estabilização com cimento é indicada para solos mais arenosos, devido a quantidade de cimento a ser adicionada, tornando a mistura mais vantajosa na relação custo x benefício. Para solos argilosos e quando o índice de plasticidade for maior ou igual a 10%, a estabilização com cal é mais econômica do que com o cimento.

CONCLUSÕES

A partir desse estudo, pode-se concluir que todos os métodos de estabilização de solos analisados são eficientes, desde que seja feita a análise correta do tipo de solo, suas características e limitações, verificando a capacidade de carga e o que se deseja construir sob esse solo. Dessa forma, não há perdas em relação ao tempo de execução da obra, além de gerar economia.

Portanto, a escolha do tipo de estabilização de solo a ser utilizada depende da viabilidade econômica e de quesitos técnicos, que englobam desde as particularidades da obra e do projeto, até as características do solo disponível.

Por ser uma área que possui diversidade de combinações, fica evidente a importância de um estudo criterioso do método a ser utilizado, em meio a quantidade de estabilizantes que existem atualmente, e que ainda estão sendo estudados.

REFERÊNCIAS

BRITO, L. C.; PARANHOS, H. da S. **Estabilização de Solos**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 06. Ano 02, Vol. 01. p. 425-438, 2017.

GONDIM, L. M. **Estudo Experimental de Misturas Solo-Emulsão Aplicado às Rodovias do Agropólo do Baixo Jaguaribe/Estado do Ceará**. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, 213 fl, Fortaleza, 2008.

GOULART, C. G. P.; MARÇAL, G. S.; NASCIMENTO, M. C.; RAMOS, R. C.; PITANGA, R. S. M. H. N. **Estudo do Comportamento Mecânico de Misturas Solo-Resíduo Compactadas a Diferentes Energias**. XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Minas Gerais, 2016.

GUIMARÃES, J. E. P. **A cal: fundamentos e aplicações na engenharia civil**. Associação Brasileira dos Produtores de Cal, São Paulo. 341 p., 2002.

OLIVEIRA, E. **Emprego da cal na estabilização de solos finos de baixa resistência e alta expansão**: Estudo de caso no município de Ribeirão das Neves/MG. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

PESSOA, F. H. C. **Análise dos solos de Urucu para fins de uso rodoviário**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Universidade de Brasília, 151 p., Brasília, 2004.

PINTO, A.R.A.G. **Fibras de Carauá e Sisal como Reforço em Matrizes de Solo**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, PUC-Rio, Rio de Janeiro 103p. 2008.

SARTORI, G. **Estudo de Estabilização de Solos para Fins de Pavimentação na Região de Campo Mourão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

SILVA, C. C. Da. **Comportamento de solos siltosos quando reforçados com fibras e melhorados com aditivos químicos e orgânicos**. Dissertação de Mestrado em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

WOITYSIAK, J. M., VANZETTO, S. C.

Análise dos principais processos de estabilização de solos

TRINDADE, T.P.; et. al. **Compactação de solos**: fundamentos teóricos e práticos. Viçosa: Editora UFV, Viçosa, 2008.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

AVALIAÇÃO DO USO DE AREIA DE BRITAGEM EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO NA FABRICAÇÃO DE PAVERS



Aluno: Jéssica M. Woitysiak e Gabriel Dalla Vechia
Orientador: Prof^a. Msc. Suelen Cristina Vanzetto

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um país está diretamente relacionado ao crescimento de sua infraestrutura urbana. Em razão da demanda de construção de edifícios e outras obras, o consumo de recursos naturais, materiais não renováveis e recursos energéticos, tem sido feito de forma desenfreada, prejudicando o meio ambiente.

Atualmente, no setor da construção civil, uma das maiores preocupações que existe em relação à qualidade das obras é relacionada ao concreto, que por sua vez está associado à qualidade dos agregados empregados. Sabe-se que estes exercem grande influência nas propriedades mecânicas dos elementos, destacando a sua importância.

Os agregados miúdos naturais são materiais utilizados tradicionalmente na construção civil para a produção de argamassas e concretos. Porém, a obtenção de areia natural para utilização em concretos e argamassas está cada vez mais difícil, devido ao esgotamento das jazidas (KLEIN; CARBONARI; GUIZILINI; 2008).

A extração de agregados naturais gera impactos decorrentes da exploração das jazidas, muitas vezes desordenada, e causam graves problemas ambientais, pois agredem as calhas naturais dos rios, levando a um aumento da vazão de água e acelerando o processo de erosão das margens (BUEST NETO, 2006).

Nesse sentido, a constante preocupação com a preservação do meio ambiente tem incentivado a busca de diversas alternativas para a substituição destes agregados. Uma opção para a redução dos problemas associados à extração da areia natural e à disposição dos resíduos das pedreiras tem sido a produção de areia de britagem, a partir dos resíduos gerados no processo de britagem para a produção de brita (NEVILLE, 1997).

A substituição da areia natural pela areia de britagem em concretos e argamassas, resulta em benefícios ao meio ambiente, tanto por minimizar o uso da areia natural, e consequentemente sua extração, bem como pelo destino dado ao pedrisco, que deixa de ser um material depositado nos pátios das pedreiras, sujeito à ação do vento, e considerado um resíduo do processo de produção da brita. Em relação aos custos do agregado miúdo, o fato da areia de britagem estar presente nos pátios de pedreiras permite que tenha um custo inferior ao da areia natural.

Uma possibilidade interessante desta substituição é na confecção de peças de concreto para pavimento intertravado, popularmente conhecidos como *pavers*. Trata-se de um pavimento flexível, utilizado em larga escala na construção de passeios públicos, ruas, parques, estacionamentos, entre outros. Possui características mecânicas adequadas e facilidade de execução, além de ser uma excelente alternativa técnica e economicamente viável na construção de pavimentos.

No presente estudo, buscou-se avaliar a substituição da areia natural por areia de britagem na fabricação de peças de concreto para pavimento intertravado. Inicialmente, definiu-se um traço de

referência e realizou-se o emprego de teores crescentes de substituição do agregado miúdo natural por areia de britagem com 25% e 50%.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados foram caracterizados de acordo com as respectivas normas técnicas vigentes. Foi adotado o Cimento Portland CP V-ARI como aglomerante hidráulico, necessário para obter a resistência mínima de 35 MPa na fabricação dos *pavers*, conforme NBR 9781 (2013). O agregado graúdo utilizado foi a brita 0, com módulo de finura de 5,75 e diâmetro máximo de 9,50 mm.

A areia natural e de britagem, estão situadas dentro da zona ótima definida na NBR 7211 (2009) e apresentaram módulo de finura de 2,40 e 2,75 respectivamente, com mesmo diâmetro máximo. O índice de absorção de água para areia natural foi de 0,60% e 4,28% para a areia de britagem. A quantidade de material pulverulento foi determinada seguindo as especificações da NM 46 (2003), e indicou um resultado de 0,97%.

O aditivo utilizado foi o superplastificante recomendado para fabricação de todo tipo de concreto, sendo compatível com todos os tipos de cimento Portland.

Após o conhecimento das propriedades dos materiais definiu-se o traço, através de revisão bibliográfica, a partir de estudos semelhantes já desenvolvidos nessa área e de testes em laboratório. Foi utilizada a areia de britagem na condição lavada para as concretagens em ambos os teores de substituição, levando a ter uma relação a/c distinta para cada traço. Os percentuais de substituição de areia de britagem foram 0%, 25% e 50%. Em seguida, realizou-se o ensaio de a resistência a compressão uniaxial aos 7 e 28 dias.

Para o desenvolvimento do programa experimental e produção do concreto de consistência seca utilizou-se uma vibro prensa manual, indicada para concretos de baixa relação água/materiais secos, grande consistência (*slump* zero) e alta coesão.

Para verificar a melhor quantidade de água, foi utilizado o método sugerido por Hood (2006), para definir o ponto ideal, o método do ponto de pelota. O ponto de pelota ocorre quando uma quantia de concreto colocada nas mãos secas adquire consistência para se firmar sem deixar resíduo nas mãos. Caso o concreto se solte nas mãos, é necessário acrescentar água, corrigindo a relação a/c. A figura 1 demonstra a consistência do concreto utilizado através do ponto de pelota.

Figura 1- Ponto de pelota



Fonte: AUTORA (2018)

Após a concretagem das combinações, quando o concreto atingiu o ponto estabelecido (“ponto de pelota”), o material foi depositado nas fôrmas, previamente desmoldadas, para o processo de vibro prensagem. Primeiramente, é vibrado para acomodação de suas partículas e depois ocorre a prensagem juntamente com a vibração, sempre com o mesmo operador. O tempo de vibração consiste no preenchimento das fôrmas com o concreto, e a vibro-prensagem, leva aproximadamente 20 segundos. Posteriormente, os *pavers* são depositados sobre placas de madeira.

O tempo de desforma foi de 24 horas, após esta etapa, os *pavers* foram colocados em câmara úmida com temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar acima de 95% para o processo de cura, sendo retirados nos tempos de 7 e 28 dias, respectivamente, para realização dos ensaios.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o ensaio de resistência característica à compressão, utilizou-se a norma NBR 9781 (2013), que especifica o método pelo qual devem ser ensaiados os corpos de prova cujo formato é apresentado em forma de *paver*. Os valores médios da resistência à compressão uniaxial aos 7 e 28 dias, e o desvio padrão, encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 – Resistência média à compressão e desvio padrão

Teor de substituição (%)	7 dias		28 dias	
	Fck (Mpa)	Desvio Padrão	Fck (Mpa)	Desvio Padrão
0	21,83	$\pm 1,44$	29,78	$\pm 1,87$
25	24,18	$\pm 2,99$	36,68	$\pm 4,99$
50	22,85	$\pm 2,37$	37,78	$\pm 2,23$

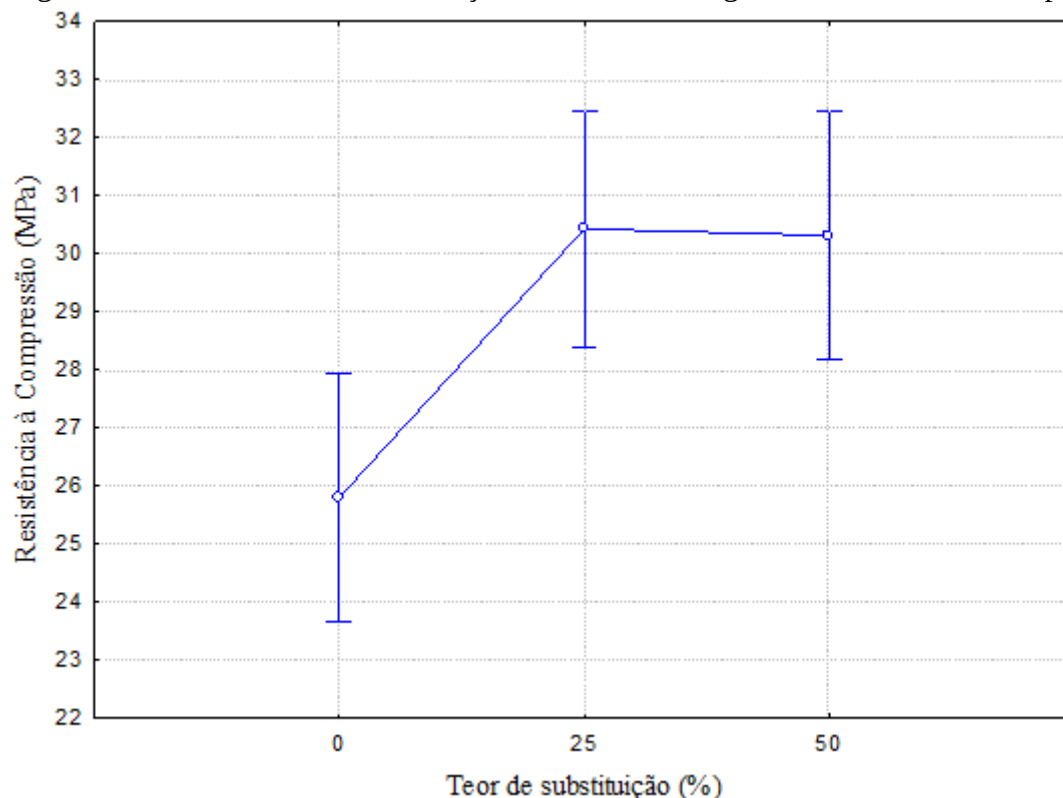
Fonte: AUTORA, 2018

Analisando os resultados obtidos aos 7 dias, percebe-se que o traço com teor de 25% de substituição é 10,76% superior ao traço referência (teor de 0%), enquanto o traço com teor de 50% de substituição, obteve um acréscimo de 4,67%.

Para os resultados obtidos aos 28 dias, observa-se que houve um acréscimo de 23,17% para o teor de 25% de substituição e 26,86% para o teor de 50%. Nota-se também que as peças com os teores de substituição de areia de britagem mantêm-se praticamente constantes, sendo que o teor de 50% teve acréscimo de apenas 2,9% comparado ao teor de 25%.

Na figura 2, é demonstrado a influência do teor de substituição da areia natural pela areia de britagem, na resistência à compressão.

Figura 2: Efeito do teor de substituição da areia de britagem na resistência à compressão



Fonte: AUTORA (2018)

Conforme o exposto na figura 2, nota-se que houve acréscimo de resistência do traço referência para os traços de 25% e 50% de substituição, em 17,94% e 17,48%, respectivamente. Porém, considerando os teores de substituição de 25% e 50%, percebe-se que a diferença entre eles não é significativa, ao contrário do que foi observado por outros autores.

Devido a areia de britagem ser lavada antes da concretagem, os finos presentes na areia possivelmente foram eliminados. Para Menossi (2004), a presença de finos na areia de britagem é um fator de grande relevância no que diz respeito à compacidade e consequentemente à resistência. Sendo assim, essa falta de finos pode ter contribuído para que a diferença entre os teores fosse praticamente constante.

Guacelli (2010), obteve acréscimo no valor da resistência à compressão, com o aumento da proporção da areia de britagem nas misturas. Este fato se deve a um aumento gradual da densidade de massa aparente no estado endurecido, motivado pela maior massa específica e maior teor de material pulverulento apresentados pela areia de britagem que leva a obtenção de um produto com compacidade mais elevada.

CONCLUSÕES

No presente estudo, buscou-se avaliar o comportamento da substituição parcial da areia natural por areia de britagem, na condição lavada. A partir dos resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão, foi possível concluir que o uso de areia de britagem em substituição parcial pela areia natural, apresentou um bom desempenho na resistência a compressão, com valores acima dos 35Mpa, estabelecidos na NBR 9781 (2013), nos traços com os teores de 25% e 50% de substituição, aos 28 dias.

Do ponto de vista econômico, o teor com 50% de substituição se destaca, visto que foi o traço que atingiu a maior resistência entre as combinações avaliadas e com menor quantidade de areia natural.

Dessa forma, pode-se concluir que a areia de britagem se demonstrou eficiente como substituição a areia natural na produção de peças de concreto para pavimentos intertravados, evitando o descarte inadequado desse rejeito no meio ambiente e contribuindo para seu uso sustentável.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211. **Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

GUACELLI, P. A. G. **Substituição da areia natural por areia de britagem de rochas basálticas para argamassas de revestimento**. 2010. 167f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

HOOD, R. S. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. 2006. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

KLEIN, N. S.; CARBONARI, B. T.; GUIZILINI, R. P. **Estudo do agregado miúdo para produção de argamassas auto-adensável: substituição da areia natural por areia de britagem**. Fortaleza: ENTAC, 2008.

MENOSSEI, R. T. **Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto**. 97p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2004.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2ed. São Paulo: Pini, 1997.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS
EM MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE DE REGULARIZAÇÃO DE ÁREA URBANA,
ORIUNDA DE LOTEAMENTO CLANDESTINO, NO
MUNICÍPIO DE GAURAMA-RS****Aluno: João Vicente Marcolin****Orientador: Prof.º Esp. Cristiano Zordan Chiochetta****INTRODUÇÃO**

Com a crescente migração das pessoas da zona rural para a zona urbana, em busca de melhores condições de vida, o crescimento populacional tornou-se inevitável, e absorver esse contingente de pessoas é um desafio constante para os gestores públicos. Sabe-se que a realidade da urbanização brasileira é constituída de inúmeros loteamentos clandestinos, que se consolidaram ao longo dos anos, por omissão na fiscalização do poder público municipal e que agora trazem problemas sócios econômicos, ambientais e estruturais que acabam afetando a cidade como um todo.

O tema abordado desperta atenção na sociedade, sendo de grande relevância social, pois o Brasil de hoje é um País essencialmente urbano, pois haja visto que setenta e cinco por cento de sua população vive na zona urbana, desta fatia da população mais de cinquenta por cento, vivem nas regiões metropolitanas, que são responsáveis pela produção de noventa por cento do nosso produto interno bruto. (SILVA, 2012).

Esse estudo visa abordar os métodos de parcelamento de solo urbano, com finalidade de regularizar área oriunda de loteamento clandestino, com situação já consolidada no município de Gaurama-RS. O município de Gaurama-RS, teve sua emancipação político administrativa em 15 de dezembro de 1954, e em 31 de março de 1955 foram fixados os primeiros preços de venda de imóveis urbanos e chácaras pertencentes a municipalidade.

O solo urbano passa a ter qualificação urbana quando ordenado para cumprir destino urbanístico, em especial a edificabilidade e a viabilidade do sistema viário, sendo seus principais objetivos assegurar a reserva dos espaços necessários, em localizações adequadas; assegurar a concentração equilibrada de atividades e pessoas no território municipal e estimular e orientar o desenvolvimento urbano.

Com a vigência da Lei nº 6.766/1979 passa a existir duas formas de parcelamento de solo urbano, quais sejam loteamento e desmembramento. O loteamento é uma espécie de parcelamento de solo urbano, definido pelo artigo 2º, §1º, da Lei nº 6.766/1979, como sendo a subdivisão de gleba em lotes destinados à edificação, com abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes. O desmembramento é a outra espécie de parcelamento de solo urbano, definido pelo artigo 2º, §2º, da Lei 6.766/1979, como sendo a subdivisão de gleba em lotes destinados à edificação, com aproveitamento do sistema viário existente, desde que não implique na abertura de novas vias e logradouros públicos, nem no prolongamento, modificação ou ampliação dos já existentes. (BRASIL, 1979).

O Projeto More Legal IV, ingressou na legislação estadual, através do Provimento nº 21/2011 da Corregedoria Geral da Justiça do Estado do Rio Grande do Sul, estando disposto na Consolidação Normativa Notarial e Registral do Rio Grande do Sul, nos artigos nºs 511 a 519, onde prevê a

regularização de loteamentos clandestinos com situação já consolidada. (RIO GRANDE DO SUL, 2011).

Para a elaboração do presente trabalho a metodologia utilizada se resume a um estudo de caso, voltada a regularização de um loteamento clandestino situado no município de Gaurama-RS, para a elucidação do presente estudo de caso, propôs-se a verificação da situação fática, com observação *in loco*, onde foram feitas imagens das ruas, dos lotes e das benfeitorias que encontram-se edificadas na área objeto deste estudo. Inicialmente, buscou-se junto a Prefeitura Municipal de Gaurama-RS e ao registro de Imóveis da Comarca de Gaurama-RS, informações e documentação acerca do imóvel objeto do presente estudo. Ao final do estudo almeja-se concluir qual a forma de regularização do presente estudo de caso.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada se resume a um estudo de caso, voltada a regularização de um loteamento clandestino situado no município de Gaurama-RS, para a elucidação do presente estudo, propôs-se a verificação da situação fática, com observação *in loco*, onde foram feitas imagens das ruas, lotes e benfeitorias que encontram-se edificadas na área objeto deste estudo. Inicialmente, buscou-se junto a Prefeitura Municipal de Gaurama-RS e ao registro de Imóveis da Comarca de Gaurama-RS, informações e documentação acerca do imóvel objeto deste estudo. A partir de uma busca solicitada ao Cartório de Registro de Imóveis da Comarca de Gaurama-RS, constatou-se que o imóvel objeto do presente estudo de caso está localizado no município de Gaurama-RS, devidamente registrado sob nº 19.621 Lº02 RG do Registro de Imóveis da Comarca de Gaurama/RS.

Figura 1 – Vista aérea da área ocupada



Fonte: Google Earth Pro

Como observa-se na figuras 2 e 3, pode-se observar a Rua que futuramente denominar-se-a, Prolongamento da Rua Frei Plácido e a situação da benfeitorias já consolidadas.

Figura 2 – Futuro prolongamento da Rua Frei Plácido



Fonte: Arquivo próprio

Figura 3 – Situação das benfeitorias já consolidadas



Fonte: Arquivo próprio

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O imóvel objeto do presente estudo de caso está matriculado sob nº19.621 Lº02 RG do Registro de Imóveis de Gaurama-RS e está denominado como sendo Parte do Recinto Ferroviário de Gaurama-RS, localizado na Rua José Sponchiado, parte do Trecho Ferroviário desativado, no Município de Gaurama-RS, uma área de 40.300,00m²(quarenta mil e trezentos metros quadrados), considerando-se o ponto de partida o Km 468+126, Lado Esquerdo, distando de 15,00m do eixo da Ferrovia Santa Maria-Marcelino Ramos, e perpendicular a esta Ferrovia; ao sul, partindo do KM 468+126 mede 384,00m até encontrar o KM 468+510 da Ferrovia, sentido Oeste-Leste, e confronta-se com a faixa de domínio da Ferrovia Santa Maria-Marcelino Ramos, e dista do eixo da Linha Principal desta Ferroviária uma distância de 15,00m; ao leste, mede 120,00m, sentido Sul-Norte; ao norte, mede 400,00m, sentido Leste-Oeste, ao oeste, mede 100,00, sentido Norte-Sul, até encontrar o ponto inicial, o Km 468+126, sendo proprietário registral a União Federal.

Após medição *in loco*, constatou-se que o imóvel objeto da matrícula nº19.621 Lº02 RG, atualmente possui a área de 40.300,00m², e esta subdividida em sessenta (64) lotes, sendo sessenta e três (63) lotes de posse dos ocupantes e uma área remanescente, não ocupada até a presente data.

O presente estudo de caso terá como solução para regularização da área ocupada clandestinamente, com situação já consolidada, no município de Gaurama-RS, a aplicação do Projeto More Legal IV. O Projeto More Legal IV, ingressou na legislação estadual, através do Provimento nº21/2011 da Corregedoria Geral da Justiça do Estado do Rio Grande do Sul, estando disposto na Consolidação Normativa Notarial e Registral do Rio Grande do Sul, nos artigos nºs 511 a 519, que objetiva a necessidade de preservar-se o espírito de flexibilização na comprovação documental para a aquisição da propriedade, sem descuido de uma observância às normas que regulamentam os registros públicos. (RIO GRANDE DO SUL, 2011).

O procedimento inicial dá-se através da via administrativa, onde a parte interessada apresentará os documentos, ao Registro de Imóveis da localização do bem a ser regularizado, para ser protocolada, e após apreciação do registrador de imóveis é submetido ao poder judiciário, que por sua vez apreciará a manifestação do representante do Ministério Público, e após sentença transitada em julgado, remeterá os autos ao registrador de imóveis, para que este possa praticar o parcelamento do solo urbano, originando uma nova matrícula, para cada lote oriundo do parcelamento.

O presente estudo de caso somente pode ser solucionado via Projeto More Legal IV, tendo em vista que estão presentes os pressupostos legais exigidos, dentre eles a situação consolidada, que não mais permite, com que se possa alterar as dimensões dos lotes e das ruas, tendo em vista que encontram-se edificadas benfeitorias. Também em face do princípio constitucional da dignidade da pessoa humana, cujo Provimento foi editado como uma forma de se permitir maior flexibilidade, se comparado a um loteamento que seria implantando atualmente, justamente por estar presente a situação consolidada, que por omissão de fiscalização se consolidou e agora deve ser resolvida, de modo que seus ocupantes possam usufruir de condições dignas de moradia.

CONCLUSÕES

No presente estudo de caso a forma de regularização encontrada foi através de aplicação do Projeto More Legal IV, tendo vista que trata-se de situação consolidada, pois considerando o prazo de ocupação da área, a natureza das edificações existentes, a localização das vias de circulação dentre outras situações peculiares, indicam a irreversibilidade da posse titulada que induziu ao domínio útil de cada possessor, ao seu respectivo lote.

O local ideal para qualquer habitante é aquele em que a cidade é capaz de garantir a todos, sem distinção nenhuma, o princípio constitucional da dignidade da pessoa humana, e essa garantia se

inicia com a ocupação planejada do espaço urbano, principalmente com a fiscalização do poder público, sobre eventual caso de ocupação clandestina. Dessa forma conclui-se que a clandestinidade traz problemas para todos, para o vendedor de imóveis que incorre em crime tipificado pelo código penal, para o comprador que não consegue registrar e portanto não possui a propriedade plena, e para o poder público que não pode cobrar o imposto predial territorial urbano (IPTU).

REFERÊNCIAS

BRASIL, Lei nº6.766 de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o parcelamento de solo urbano e dá outras providências.** Brasília, DF: Senado Federal, 1979.

RIO GRANDE DO SUL, Provimento nº 21/2011. **Cria o Projeto More Legal IV, alterando a redação dos artigos do Capítulo XV, da CNNR.** Porto Alegre, RS: Corregedoria Geral da Justiça, 2011.

SILVA, José Afonso da. **Direito Urbanístico Brasileiro.** 4. ed. São Paulo: Malheiros, 2012.

GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMASFITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR
TRIFLOXYSULFURON-SODIUM

Alunos: João Vitor Orso, Pedro Vitor Parmigiani, Giovani
Jordi Bruschi e Vinícius André Tochetto.
Orientadora: Suelen Cristina Vanzetto



RESUMO

Devido ao crescimento do setor agrícola mundialmente um grande problema que está sendo enfrentado e cada vez mais estudado é a utilização demasiada de herbicidas para a cultura de alimentos, se usados de maneira imprópria a um grande perigo da contaminação do solo e de lençóis freáticos. Técnicas de remediação estão sendo utilizados com a finalidade de amenizar os efeitos desses herbicidas no solo. Este artigo apresenta uma dessas técnicas, a fitorremediação, como alternativa de remover a toxidade dos solos fazendo com que novas culturas possam existir. Além disso também é abordado três estudos de caso a respeito do assunto comparando diferentes tipos de adubos-verdes.

Palavras-chave: Solos. Trifloxysulfuron-sodium. Fitorremediação.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial consequentemente faz com que aumente a demanda por alimentos, esse fato faz com que motive o uso de grandes quantidades de pesticidas nas plantações, com o intuito de aumentar a produtividade. Muitos produtos são utilizados para acabar com formas de vida que prejudicam as culturas agrícolas e pecuária (SANCHES et al, 2003). Essa intensa atividade agrícola está causando alerta, tendo em vista que potencializa a vulnerabilidade natural dessas áreas utilizadas às contaminações decorrentes das aplicações desses produtos químicos. (PESSOA et al., 2003).

A fitorremediação é um caminho para remover herbicidas de alta persistência no solo através da utilização de plantas. Como exemplo, tem-se a descontaminação de áreas contaminadas com trifloxysulfuron-sodium na cultura do algodão. (PROCÓPIO et al., 2005).

O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), além de apresentar características como adubo verde, tem sido testado e confirmado a sua utilização como espécie remediadora de solos contaminados com herbicidas como o trifloxysulfuron-sodium (SANTOS et al., 2004). Santos et al. (2006), avaliando várias espécies de adubos-verdes tolerantes ao trifloxysulfuron-sodium para fins de fitorremediação, constataram que a espécie *Mucana-preta* (*Stizolobium Aterrimum*) se mostrou eficaz para tratamento de solos contaminados.

2 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo exploratório, que busca como objetivo a ampliação dos conhecimentos a respeito de áreas contaminadas pelo pesticida Trifloxysulfuron-Sodium,

de modo a transmitir dados sobre a fitorremediação por meio de duas espécies de plantas desses locais degradados. Foi utilizada à pesquisa bibliográfica como, empregando fontes secundárias, artigos e textos científicos ligados ao tema.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Fitorremediação

Em busca de meios para despoluir áreas contaminadas por compostos orgânicos, está sendo procurado soluções que apresentam eficiência na descontaminação, execução simples, custos e tempo para o processo menores. Por isso, aumenta o interesse pela utilização da biorremediação. (PIRES et al., 2003).

Dentro da biorremediação está a fitorremediação, que, segundo Accioly & Siqueira (2000), envolve o emprego de plantas, sua microbiota associada e de amenizantes do solo, além de práticas agronômicas que, se aplicadas em conjunto, removem, imobilizam ou tornam os contaminantes inofensivos ao ecossistema.

A fitorremediação é útil para o meio ambiente com à utilização de plantas, com objetivo de diminuir ou descontaminar áreas contaminadas. É necessário utilizar espécies com certas características como uma boa capacidade de absorção, sistema radicular profundo, acelerada taxa de crescimento, fácil colheita e que apresentem uma grande resistência ao poluente. (COUTINHO & BARBOSA 2007).

O uso da fitorremediação é baseada na seletividade que algumas plantas têm a tipos de compostos. Este fato ocorre comumente em plantas agrícolas e daninhas, tolerantes a certos herbicidas. Os compostos orgânicos podem ser transferidos para outros tecidos da planta e então volatilizados (ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000).

3.2 Trifloxysulfuron-Sodium

O herbicida Trifloxysulfuron-Sodium é utilizado em mistura com ametryn na cultura da cana-de-açúcar, ou isoladamente, na cultura do algodão em pós-emergênciainicial, seu uso pode acarretar *carryover* na cultura do feijão cultivado posteriormente. Mesmo sendo indicado em baixas concentrações, o tempo de espera, para o cultivo de plantações sensíveis, é em torno de oito meses depois da sua aplicação. (SANTOS et al., 2004)

O uso de herbicidas com efeitos residuais longos possibilitou o controle de plantas daninhas por um maior período de tempo. Porém, foi observada a ocorrência de fitotoxicidade em plantações sensíveis cultivadas depois do uso destes herbicidas, com efeito residual variando entre alguns meses até três anos ou mais. Esse fenômeno acontece com os vários tipos de herbicidas. Portanto, é recomendada a utilização de espécies vegetais na descontaminação do solo (KNUTESON et al., 2002).

3.2.1 Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e Macana-preta (*Stizolobium aterrimum*)

Belo et al., 2007, confirmam por estudos de campo a eficiência da utilização de feijão-de-porco e macana-preta como descontaminantes de áreas contaminadas pelo trifloxysulfuron-sodium, para conseguir tal resultado foi cultivado esses dois adubos-verdes em solos já contaminados e não contaminados após, retirados os dois adubos do solo e

feito o cultivo de sorgo, para comparação também foi feito cultivo de sorgo em solo contaminado pelo herbicida sem tratamento prévio. Foram testados três índices para o cultivo de sorgo: a massa seca da parte aérea (MSPA), altura das plantas e a porcentagem de intoxicação dessas plantas, nos três índices foi obtido melhoras quando feito a fitorremediação através do cultivo prévio do feijão-de-porco e da macana-preta. (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores médios de MSPA, altura e intoxicação de plantas de sorgo aos 20 dias após semeadura, cultivadas em solo adubado com diferentes teores de composto orgânico, com e sem aplicação de trifloxysulfuron-sodium, remediados ou não por *Canavalia ensiformis* e *Stizolobium aterrimum* por 60 dias após aplicação do herbicida, com os respectivos coeficientes de variação.

Característica avaliada	Composto orgânico (m ³ ha ⁻¹)	<i>Canavalia ensiformis</i>		<i>Stizolobium aterrimum</i>		Sem cultivo prévio
		Trifloxysulfuron-sodium	Sem herbicida	Trifloxysulfuron-sodium	Sem herbicida	Trifloxysulfuron-sodium
MSPA (g)	0	0,386 a	0,239 a	0,376 a	0,280 a	0,068 b
	25	0,388 a	0,240 a	0,377 a	0,282 a	0,075 b
	50	0,400 a	0,243 a	0,394 a	0,285 a	0,089 b
	100	0,397 a	0,246 a	0,380 a	0,290 a	0,087 b
	200	0,392 a	0,249 a	0,401 a	0,301 a	0,090 b
CV (%)		38,04		38,04		
Altura (cm)	0	18,02 a	17,90 a	17,60 a	17,67 a	3,33 b
	25	17,98 a	18,00 a	17,73 a	17,97 a	3,50 b
	50	18,07 a	17,93 a	17,67 a	18,07 a	3,51 b
	100	18,05 a	17,80 a	17,93 a	18,10 a	3,67 b
	200	18,07 a	18,08 a	18,03 a	18,45 a	3,50 b
CV (%)		6,74		6,74		
Intoxicação (%)	0	0,00	0,00	0,00	0,00	91,00
	25	0,00	0,00	0,00	0,00	88,50
	50	0,00	0,00	0,00	0,00	88,00
	100	0,00	0,00	0,00	0,00	85,00
	200	0,00	0,00	0,00	0,00	85,00
CV (%)		3,70		3,70		

Fonte: BELO et al., 2007

Santos et al., 2006 elaboraram um estudo de caso onde é encontrado cinco parâmetros de cultivo de feijão utilizado o adubo-verde em diferentes densidades populacionais com e sem herbicida, esses cinco parâmetros são: altura de plantas, biomassa seca da parte aérea, peso 100 sementes, vagens planta, rendimento de grãos. Esse estudo possibilitou além de comprovar que o feijão-de-porco pode ser usado como fitorremediação, descobrir a densidade populacional ideal que esse adubo-verde deve ser utilizado para proporcionar o melhor desempenho do cultivo de feijão. (Tabela 2).

Tabela 2 - Altura de plantas e biomassa seca da parte aérea aos 45 dias após a semeadura, peso de 100 sementes, número de vagens por planta e rendimento de grãos de feijão semeado após o cultivo prévio de *Canavalia ensiformis*, em diferentes densidades populacionais, em solo contaminado com o herbicida trifloxysulfuron-sodium (15 g ha⁻¹).

Densidade (plantas m ⁻²)	Altura de plantas (cm)		Biomassa seca da parte aérea (g)	
	Solo com herbicida	Solo sem herbicida	Solo com herbicida	Solo sem herbicida
0	87,40 b	93,32 a	21,25 b	28,85 a
8	98,00 a	94,17 b	23,65 b	28,02 a
20	96,70 a	98,00 a	21,50 b	26,97 a
32	88,17 a	88,90 a	19,31 b	22,72 a
C.V. (%)	-----3,47-----		-----5,49-----	
Peso 100 sementes (g)		Vagens planta ⁻¹		
	Solo com herbicida	Solo sem herbicida	Solo com herbicida	Solo sem herbicida
0	22,46 a	21,64 a	6,18 b	10,10 a
8	20,99 a	20,96 a	9,54 b	11,50 a
20	22,82 a	22,77 a	11,14 a	10,85 a
32	22,63 a	22,35 a	9,56 a	10,35 a
C.V. (%)	-----4,21-----		-----8,99-----	
Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)				
	Solo com herbicida		Solo sem herbicida	
0	2285,92 b		2408,85 a	
8	2437,11 a		2415,36 a	
20	2548,97 a		2455,73 a	
32	2518,42 a		2506,38 a	
C.V. (%)	-----6,10-----			

Fonte: SANTOS et al., 2006

O feijão-de-porco é eficaz na remediação de áreas contaminadas com o herbicida trifloxysulfuron-sodium, em campo. A densidade populacional mínima desse adubo verde, que possibilita o desenvolvimento e produtividade do feijoeiro, deve ser de 20 plantas m⁻². (SANTOS et al., 2006).

O mesmo estudo de densidade é feito por Procópio et al, 2004 porém o adubo-verde utilizado é o macuna-preta eles conseguem concluir a mucuna-preta é eficiente na remediação do herbicida trifloxysulfuron-sodium em solo e que a densidade populacional mínima desse adubo verde deve ser de 25 plantas por metro quadrado. (Tabela 3).

Tabela 3 - Altura de plantas e biomassa seca da parte aérea aos 45 dias após a semeadura, peso de 100 sementes, número de vagens por planta e rendimento de grãos de feijão (cultivar Vermelho Coimbra) semeado após o cultivo prévio de *Stizolobium aterrimum*, em diferentes densidades populacionais, em solo contaminado ou não com o herbicida trifloxysulfuron-sodium (15 g ha⁻¹).

Densidade (plantas m ⁻²)	Altura de plantas (cm)		Biomassa seca da parte aérea (g)	
	Solo com herbicida	Solo sem herbicida	Solo com herbicida	Solo sem herbicida
0	85,92 b	101,54 a	20,55 b	28,55 a
10	99,55 a	98,48 a	25,32 a	26,00 a
25	95,35 a	94,15 a	27,65 a	27,92 a
40	88,96 a	93,34 a	23,55 a	27,52 a
CV (%)	4,29		5,86	
Densidade (plantas m ⁻²)	Peso de 100 sementes (g)		Vagens por planta	
	Solo com herbicida	Solo sem herbicida	Solo com herbicida	Solo sem herbicida
0	22,35 a	22,05 a	7,14 b	11,85 a
10	21,84 a	22,52 a	8,88 b	12,70 a
25	22,78 a	21,62 a	10,20 a	11,10 a
40	21,35 a	21,71 a	10,05 a	9,13 a
CV (%)	2,60		10,15	
Densidade (plantas m ⁻²)	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)			
	Solo com herbicida		Solo sem herbicida	
0	2.083,33 b		2.773,44 a	
10	2.278,91 a		2.513,02 a	
25	2.725,39 a		2.263,02 b	
40	2.526,04 a		1.849,84 b	
CV (%)	11,18			

Fonte: PROCÓPIO et al., 2004.

4 DISCUSSÃO

O uso de plantas como agentes despoluidores (fitorremediação) tem despertado interesse entre pesquisadores e técnicos. Sua utilização tem sido avaliada, em solos contaminados com metais pesados (ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000), petróleo e derivados de petróleo (ANDERSON & WALTON, 1995) e outros compostos orgânicos (CUNNINGHAM et al., 1996). Acredita-se que a utilização de plantas com capacidade de tolerar e também extrair e, ou, degradar certos compostos possa representar uma alternativa para a descontaminação de áreas agrícolas (PIRES et al., 2003).

A fitorremediação apresenta grande potencial de uso, devido às vantagens que possuem em relação às outras técnicas de remediação do solo, essas vantagens segundo Cole et al. (1995), Cunningham et al. (1996) são: menor custo em relação as técnicas tradicionais utilizadas na remoção de solo para tratamento *ex situ*, na maioria das vezes, os equipamentos e suprimentos para a fitorremediação são os mesmos utilizados na agricultura, plantas são mais fáceis de ser monitoradas do que microrganismos, as propriedades biológicas e físicas do solo são mantidas e até melhoradas.

Essa técnica, que no Brasil é nova, tem seu uso difundido nos Estados Unidos e na Europa, principalmente na remediação de metais pesados (RADIN, 2000; ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000).

O trifloxysulfuron sodium, recentemente registrado no país, é utilizado na cultura do algodão em pós-emergência inicial, porém tem apresentado problemas de *carryover* na cultura do feijão (SANTOS et al., 2004).

A identificação de espécies de plantas que consigam fitorremediar o trifloxysulfuron-sodium e, ainda, reúnam características de interesse agrônomo, como as leguminosas, seria de grande interesse. Já que o seu uso além de despoluir o solo também apresenta benefícios a fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico (ROGERS et al., 1996)

5 CONCLUSÃO

Os benefícios da fitorremediação tornam ela uma técnica prometedora, apensar de suas limitações. Entretanto, é necessário a ação simultânea de profissionais de diversas áreas, para a identificação de espécies capazes de atuar na descontaminação de solos.

Pesquisas a respeito da fitorremediação estão sendo feitas visando uma série de benefícios para o meio ambiente e para as futuras gerações. Vários são os poluentes e a cada dia surge algo novo, trazendo algum tipo de dano para todo o habitat. Dessa forma, a utilização de algumas das técnicas aqui descritas já representa uma esperança interessante.

Entretanto é interessante salientar que existem outros tipos de técnicas para a remediação do solo que também devem ser estudadas, assim mais pesquisas e ensaios de campo precisam serem feitos com a finalidade de encontrar novos meios e aprimorar os já existentes.

REFERÊNCIAS

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. **Contaminação química e biorremediação do solo**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2000. v. 1. p. 299-352

ANDERSON, T. A.; COATS, J. R. Screening rhizosphere oil samples for the ability to mineralize elevated concentrations of atrazine and metolachlor. **J. Environ. Sci. Health, B**, v. 30, p. 473-484, 1995.

BELO, A. F. et al. Fitorremediação de solo adubado com composto orgânico e contaminado com trifloxysulfuron-sodium. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 251-258, 2007.

COLE, M. A.; ZHANG, L.; LIU, X. Remediation of pesticide-contaminated soil by planting and compost addition. **Compost. Sci. Utiliz.**, v. 3, p. 20-30, 1995

COUTINHO, H. D.; BARBOSA, A. R. Fitorremediação: considerações gerais e características de utilização. **Silva Lusitana**, v. 15, n. 1, p. 103-117, 2007.

CUNNINGHAM, S. D.; ANDERSON, T. A.; SCHWAB, A. P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Adv. Agron.**, v. 56, p. 55-114, 1996.

KNUTESON, S.L., WHITWELL, T., KLAINE, S.J., 2002. Influence of Plant Age and Size on Simazine Toxicity and Uptake. **Journal of Environmental Quality** **31**: 2096-2103.

PESSOA, Maria Conceição Peres Young et al. Identificação de áreas de exposição ao risco de contaminação de águas subterrâneas pelos herbicidas atrazina, diuron e tebutiuron. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, v. 13, 2003.

PIRES, FRi et al. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 335-341, 2003.

PROCÓPIO, S. O. et al. Potencial de espécies vegetais para a remediação do herbicida triflloxysulfuron-sodium, **Planta Daninha**, v.23, n. 1, p.9-16, 2005.

RADIN, J. W. Using superplants to clean up our environment. **Agric. Res.**, v.48, <<http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/jun00/>. 2000>

ROGERS, H. B. et al. Selection of cold-tolerant plants for growth in soils contaminated with organics. **J. Soil Cont.**, v. 5, p. 171-186, 1996.

SANCHES, Sérgio Marcos et al. Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, 2003.

SANTOS, E. A. et al. Phyto-stimulation by *Stizolobium aterrimum* as remediation of soil contaminated with trifloxysulfuron-sodium. **Planta daninha**, v. 25, n. 2, p. 259-265, 2007.

SANTOS, J. B. et al. Phytoremediation of the herbicide trifloxysulfuron sodium. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 323-330, 2004.

SANTOS, José Barbosa et al. Fitorremediação de solo contaminado com trifloxysulfuron-sodium por diferentes densidades populacionais de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L). DC.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 444-449, 2006.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS



ESTUDO DE LAYOUT PARA UM CANTEIRO DE OBRA DE UMA CONTRUTORA DE UM MUNICÍPIO DO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL COM BASE NO MÉTODO SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING (SLP)

Aluno: João Vitor Orso

Orientador: Prof. Ms. Darci Luiz Kuiawinski

INTRODUÇÃO

O ramo da construção civil tem papel muito importante na estrutura econômica não apenas do Brasil, mas em qualquer país do mundo. Essa constatação leva em conta que esse ramo é um grande consumidor de diversos produtos de outros ramos industriais, possuindo assim, grandes cadeias produtivas. (KURESKI *et al.*, 2008).

Elias *et al.*, (1998) expõe alguns fatores que influenciam no trabalho e consequentemente na produtividade, um desses fatores é o ambiente físico geral, que no ramo da construção civil pode ser caracterizado como o canteiro de obras.

No Brasil os canteiros de obras em sua grande parte possuem pouco ou nenhum tipo de planejamento prévio a respeito do seu layout, isso faz com que ao decorrer da construção aconteçam diversos problemas como grandes distâncias a serem percorridas entre áreas relacionadas. Uma maneira de ser empregado um modelo de planejamento de layout é a aplicação da metodologia Systematic Layout Planning (SLP).

Portanto com a finalidade de melhorar e otimizar o layout de um canteiro de obra vem à tona o seguinte questionamento: Como melhorar o layout de um canteiro de obra com a utilização da metodologia Systematic Layout Planning (SLP)? Nestes termos, justifica-se a presente pesquisa pela importância do tema apresentado, buscando as possibilidades de melhoria de layout de um canteiro de obras, através da metodologia Systematic Layout Planning (SLP).

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa é de caráter qualitativo com enfoque Exploratório, Bibliográfica e de Observação.

A metodologia utilizada constitui em leitura, fichamento de obra pertinente a pesquisa, contato e coleta de dados através da observação, análise e síntese dos dados coletados, sistematização da pesquisa e divulgação em meios e eventos científicos.

A observação foi realizada em um canteiro de obra de uma construtora do município de Erechim - RS, no período de março a outubro de 2018. A escolha pelo município de Erechim - RS dá-se pela proximidade com as propostas e conhecimento do funcionamento da construtora.

Pode-se classificar esta pesquisa, do ponto de vista de sua natureza como pesquisa aplicada, uma vez que tem como objetivo, buscar soluções de problemas específicos e interesses locais.

A pesquisa teve como universo todos os ambientes, áreas de vivência e áreas de trabalho de um canteiro de obra do município de Erechim – RS que está sendo executada pela Construtora “X”.

ESTUDO DE LAYOUT PARA UM CANTEIRO DE OBRA DE UMA CONTRUTORA DE UM MUNICÍPIO DO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL COM BASE NO MÉTODO SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING (SLP)

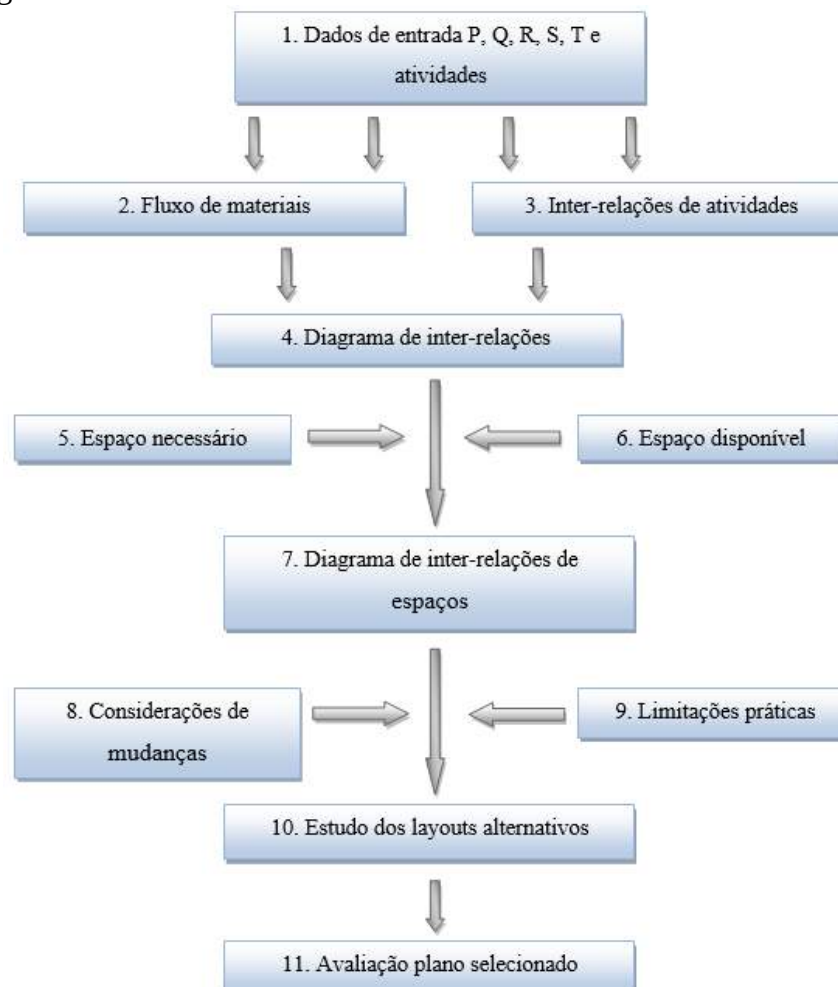
Para a Pesquisa Bibliográfica, os dados foram coletados mediante leitura, fichamento e análise da obra pertinente à temática de investigação. Já para a pesquisa de Campo, os dados foram coletados mediante observação, documentos, plantas estruturais, plantas arquitetônicas e registros fotográficos.

Inicialmente foi agendado contato presencial com a direção da construtora ao qual está executando a obra que será abordada na pesquisa. No encontro foi solicitado o consentimento relacionado à participação das mesmas nas observações e análises aqui propostas, e foram também apresentadas as intenções de pesquisa, bem como, os procedimentos metodológicos para coleta de dados.

Na sequência foi agendado o período da observação. Na oportunidade, também foi marcada a data da devolução dos resultados da pesquisa.

Os dados obtidos por meio da observação serão submetidos à interpretação sob a ótica do método SLP com a finalidade de elaborar um novo layout de um canteiro de uma obra determinada. Para atingir os objetivos do trabalho o método de trabalho foi composto por seis etapas: Etapa 1 – elaboração de croqui da atual situação do canteiro, Etapa 2 – Registro das áreas produtivas e de vivência social do canteiro, Etapa 3 – Identificação dos fluxos construtivos e de operários, Etapa 4 – foi apontado e analisado os principais problemas enfrentados com o atual layout, Etapa 5 – foi construído dois novos layouts através do método SLP (Figura 1) com a elaboração de tabelas e diagramas de inter-relações e simulado no software ProModel e Etapa 6 – escolha da melhor proposta de layout.

Figura 1 – Método SLP



Fonte: Muther (1973)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

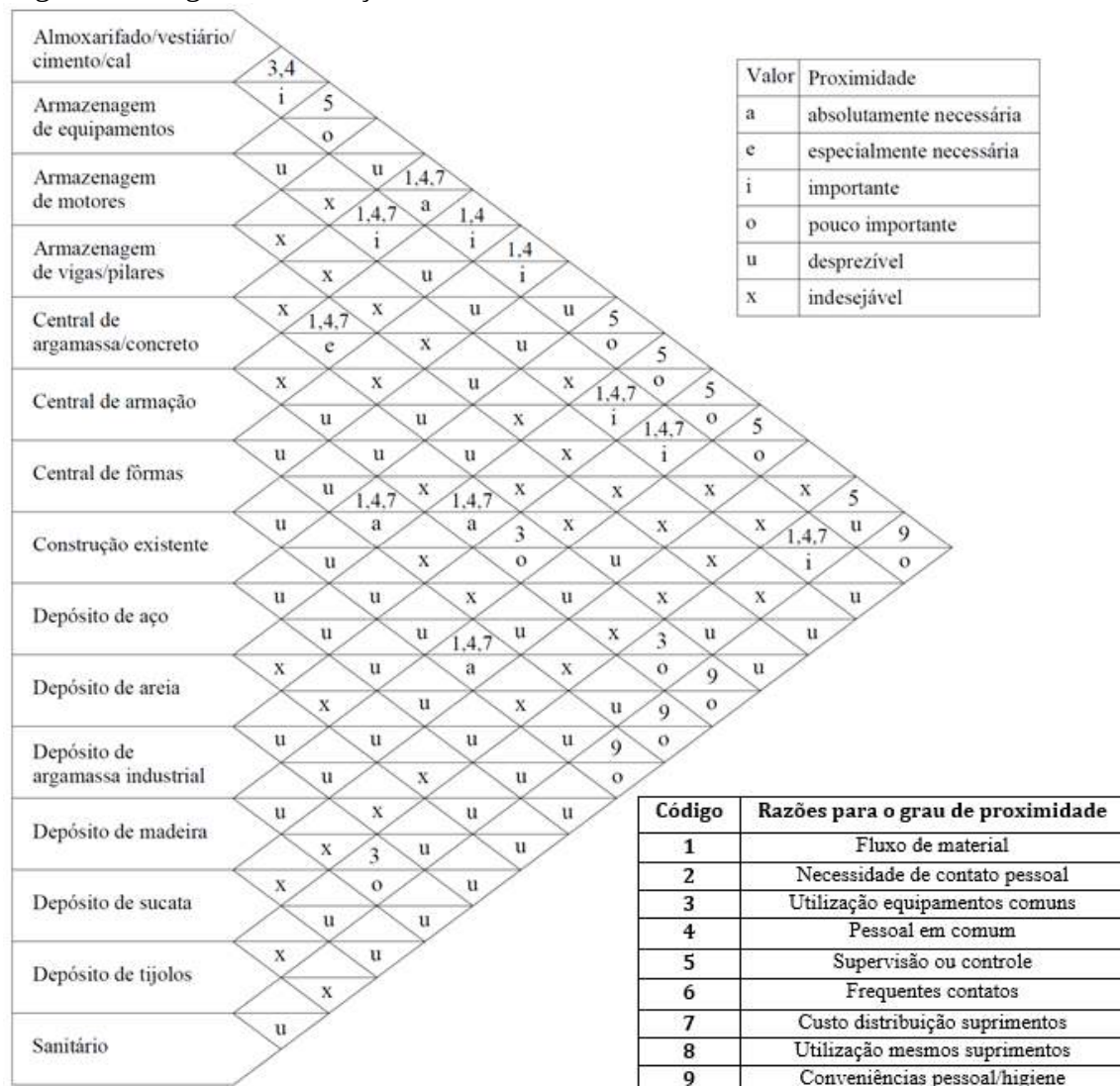
A Construtora “X” trata-se de uma empresa no ramo da construção civil que trabalha com a execução de obras comerciais e residenciais. Para o seguinte trabalho foi escolhido uma obra em execução pela construtora, ela está localizada em três lotes com dimensões somadas de 36,0 x 30,0 m, tendo uma área totalizando 1.080,0 m².

A obra refere-se a uma edificação multifamiliar comercial composta por: um subsolo destinado a garagem e futuro depósito, andar térreo com mezanino constituído de três salas comerciais e de um salão de festas, dois pavimentos tipos que possuem quatro apartamentos cada, e um pavimento de cobertura possuindo dois apartamentos. O imóvel pode ser considerado de padrão médio e está localizada em Erechim – RS no bairro Atlântico.

Após a análise e listagem de todas as áreas operacionais e de vivência social foram produzidos croquis esquematizando essas áreas e também locando a obra no terreno com o auxílio do software AutoCAD. Foram desenhados apenas os croquis do subsolo e do pavimento térreo devido essa ser a etapa até onde foi analisado para fazer a referente pesquisa.

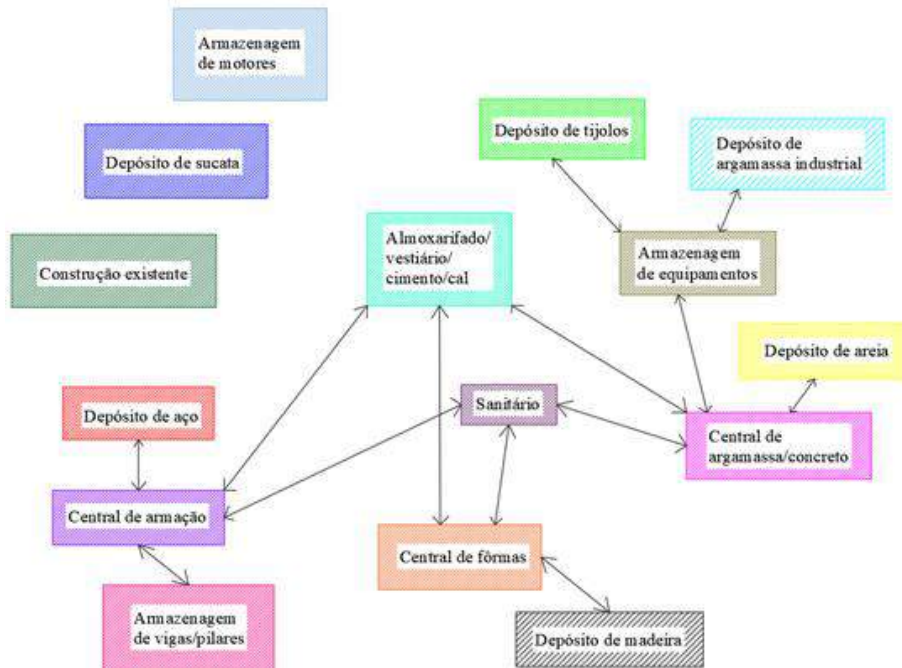
O método SLP consiste na elaboração do Diagrama de relações de atividades (Figura 2) e então construir o Diagrama de fluxo (Figura 3),

Figura 2: Diagrama de relações de atividades – canteiro de obras



Fonte: Autor, 2018.

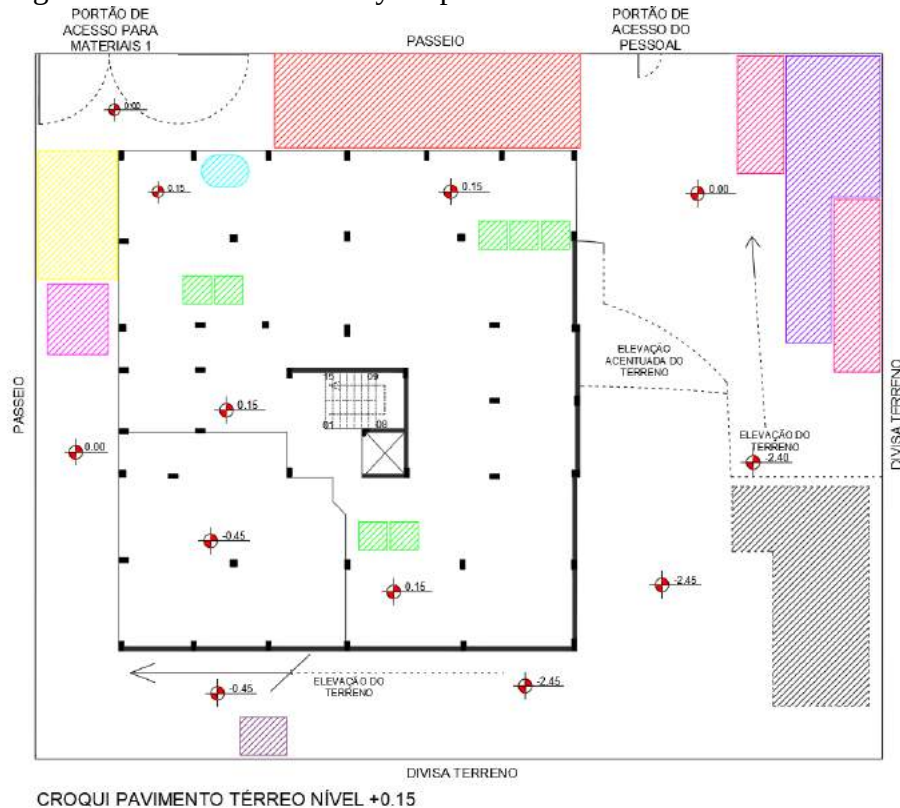
Figura 3: Diagrama de fluxo – canteiro de obra



Fonte: Autor, 2018.

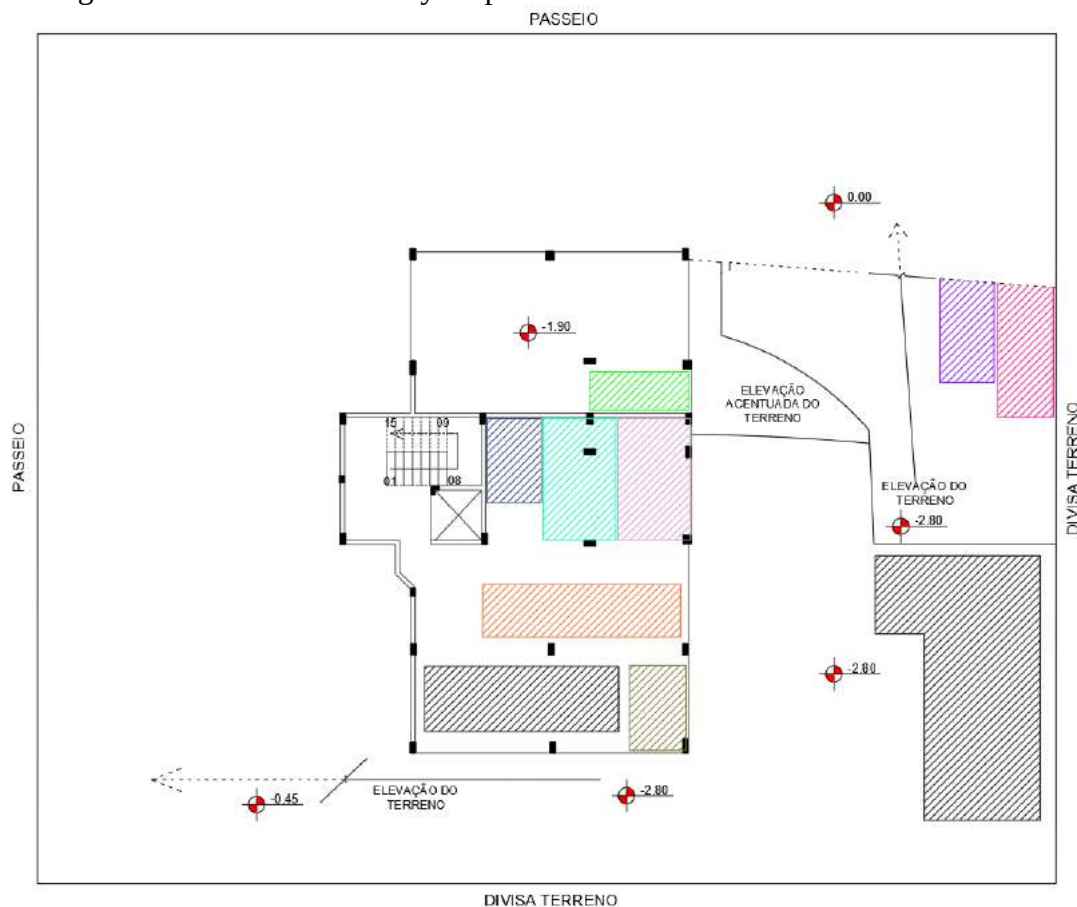
Com o diagrama de fluxo (Figura 3) foi possível construir os novos modelos de layout e então através de análise crítica a respeito dos novos modelos juntamente com a simulação feita com o software ProModel foi possível escolher o modelo ideal de layout que está exposto na Figura 4 e 5.

Figura 4: Novo modelo de layout para o canteiro de obra – térreo



Fonte: Autor, 2018.

Figura 5: Novo modelo de layout para o canteiro de obra – subsolo



CROQUI SUBSOLO NÍVEL -2.45

Fonte: Autor, 2018.

Legenda Figuras 4 e 5:

	Almoxarifado/vestiário/cimento/cal		Refeitório/cozinha
	Armazenagem de equipamentos		Depósito de aço
	Armazenagem de motores		Depósito de areia
	Armazenagem de vigas/pilares		Depósito de argamassa industrial
	Central de argamassa/concreto		Depósito de madeira
	Central de armação		Depósito de sucata
	Central de fôrmas		Depósito de tijolos
	Construção existente		Sanitário
	Vestiário		

Para as mudanças do layout foram levadas as seguintes considerações:

Mudança do local do portão de acesso de materiais e também do portão de acesso do pessoal, devido mudanças de localidades de certas frentes de trabalho e depósitos de materiais; Depósito de tijolos (térreo) foi disposto de maneira espalhada pelo canteiro de modo que atenda todas áreas necessárias; Depósito de aço mantido na mesma posição devido à proximidade do portão de acesso modificado e da central de armação; Central de armação alterada de modo que não obstrua o portão

ESTUDO DE LAYOUT PARA UM CANTEIRO DE OBRA DE UMA CONTRUTORA DE UM MUNICÍPIO DO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL COM BASE NO MÉTODO SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING (SLP)

de acesso de pessoal; Depósito de argamassa industrial relocado para aproximar-se do portão de acesso de materiais; Armazenamento de vigas/pilares relocado para ficar próximo da central de armações, para que não tenha que ser percorrido um caminho muito longo para o seu armazenamento; Tanto o depósito de área e a central de argamassa foram relocados para ficarem no nível térreo, isso faz com que não seja necessário fazer um caminho muito comprido para abastecer operários que executam alvenaria com argamassa, o depósito de areia também foi pensando para que fique o mais próximo possível do portão de acesso de materiais; Central de fôrmas também foi mantido na mesma região já que se encontra em um lugar coberto e próximo ao depósito de madeira; Para o depósito de madeira a ideia é que seja feita uma triagem escolhendo a madeira que pode ser utilizada e o restante seja retirada da obra; Armazenamento de equipamentos foi relocado para uma região coberta; O sanitário foi mantido na mesma posição tendo em vista que sua parte hidrossanitária já está instalada, porém deverá ser feita sua ampliação para atender a NR-18; O almoxarifado/vestiário foi dividido em dois assim, a NR-18 pode ser atendida; Como na obra não existia uma área de refeitório/cozinha foi feito no croqui um local para isso respeitando a NR-18; Para uma melhor organização do canteiro e liberação de espaços que poderão ser utilizados futuramente, no novo modelo feito foi excluindo a construção existente e também o depósito de sucatas.

CONCLUSÕES

Através da análise do arranjo físico do canteiro de obra, é possível afirmar que há necessidade de melhoria em seu fluxo de produção, tendo em vista que atualmente ele possui graves falhas que fazem com que haja demora na execução de serviços, além de não possuir espaços obrigatórios destinados aos funcionários fazendo com que as condições de trabalho não sejam ideais e a legislação não seja atendida. Esses problemas foram quase que em sua totalidade sanados ao aplicar o método SLP onde foi estudado o nível de proximidade existente entre frentes de trabalho e a importância entre elas para que seja feito um novo arranjo quando necessário, assim será possível se aplicado o novo layout reduzir o tempo de movimentação de operários no canteiro.

Por isso a metodologia SLP estudada como uma alternativa para a elaboração de um projeto de layout para um canteiro de obra demonstrou-se de boa utilização e adaptável ao ramo da construção civil. O uso desta metodologia fará com que os responsáveis técnicos da obra busquem melhores alternativas na implantação de um canteiro devido o método implicar em estudos de inter-relações entre as frentes de trabalho conseguindo assim encontrar as principais áreas que devem ser atentadas, portando reduzindo custos caso seja feito um layout bem planejado.

REFERÊNCIAS

ELIAS, S.J.B.; LEITE, M.O.; SILVA, R.R.T.D.; LOPES, L.C.A. Planejamento do layout de canteiros de obras: aplicação do SLP (Systematic layout planning). **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Niterói, 1998.

FUNDACENTRO. **Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção: NR-18**. Brasília, 1995.

KURESKI, R.; RODRIGUES, R.L.; MORETTO, A.C.; SESSO FILHO, U.A.; HARDT, L.P.A. O macrossetor da construção civil na economia brasileira em 2004. **CEP**, v. 82630, p. 900, 2008.

MUTHER, Richard. **Systematic Layout Planning**. 2ª ed. Boston: Cachers Books, 1973

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMAS****DIMENSIONAMENTO DE VERTEDOURO PARA UHE DO RIO
PASSO FUNDO E ANÁLISE COM A ESTRUTURA EM
FUNCIONAMENTO**

Aluna: Jociane Kobieski
Orientador: Marco A. S. F. de Souza

INTRODUÇÃO

Do ponto de vista da geração de energia, a hidroeletricidade, é uma das menos impactante alternativa aplicável, além de ser limpa e renovável (PEREIRA, 2015, p. 23). Cada projeto, que transforma energia potencial em energia elétrica é um desafio de engenharia, no qual as equipes precisam trabalhar com as diferentes condições de cada local de forma integrada, para conceber um projeto funcional, econômico e ambientalmente sustentável.

De maneira geral, dentre os componentes de uma usina hidrelétrica (barragem, vertedouro, tomada d' água, canal de fuga e outros) que condicionam o arranjo geral das obras, destaca-se os vertedouros, que é o objeto principal desse estudo. Para o seu dimensionamento hidráulico, dentre outras referências, sua estrutura deve atender, por obrigatoriedade, ao preconizado pela Eletrobrás.

Este, com dados do Grupo Engie, possui o objetivo principal de dimensionar um vertedouro que seja adequado para a barragem do rio Passo Fundo, de forma que seja analisado com a estrutura em funcionamento para colocar em discussão, através desse estudo, seus prós e contras.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do dimensionamento e para o estudo comparativo deste trabalho foram utilizados dados provenientes de visitas técnicas no local da Usina Hidrelétrica de Passo Fundo administrada pelo grupo Engie, além de referências e trabalhos científicos publicados sobre o assunto e os critérios de projeto de usinas hidrelétricas da Eletrobrás.

Funcionamento do vertedouro da UHE Passo Fundo

Segundo pesquisa *in loco*, respondidas pelos técnicos responsáveis locais da UHE Passo Fundo, a abertura das comportas se dá através de guinchos mecânicos, dos quais são ordenados seu funcionamento, do meio para as laterais. Além disso, não pode haver diferença maior que 20 cm entre as aberturas das comportas.

A menor abertura, é de 10 cm cada comporta, sendo que esta fica aberta por um período de 1 hora, para equilibrar o nível do fluido e após isso, aumenta-se de acordo o nível do reservatório. A cada 1 cm que é aumentado o nível do reservatório, aumenta a vazão com 400 m³/s.

Alguns dados técnicos, relevantes a este projeto, apresentados na ficha técnica da Engie, sobre a UHE Passo Fundo, estão dispostos na tabela 1:

Tabela 1 - Informações Técnicas –UHE Passo Fundo

INFORMAÇÕES TÉCNICAS – UHE PASSO FUNDO	
Reservatório	
Nível máximo normal	598 m
Nível máximo operativo	584 m
Área Inundada	151,5 km ²
Capacidade bruta	1 590 hm ³
Capacidade útil	1 405 hm ³
Área da bacia hidrográfica	2 300 km ²
Barragem	
Comprimento	636 m
Altura máxima	47 m
Volume total de concreto	155 000 m ³
Material compactado	415 000 m ³
Comportas do Vertedouro	
Fabricante	Fichet Hautmont
Quantidade	6
Tipo	Segmento
Dimensões	5,75 m (alt.) x 12 m (larg.) x 6,05 m (raio)
Descarga máxima total	2 250 m ³ /s
Acionamento	Guincho mecânico

Fonte: Adaptado Engie (2003)

Sobre dissipadores de energia, não há nem salto de esqui, nem bacia de dissipação. Há a queda, em 90°, de 19,80 m de profundidade, ou seja, é uma fossa de erosão de caimento direto. Isso só foi possível devido a rocha basáltica sã do local.

Outro dado de extrema importância está na atuação da equipe, que segundo os técnicos civis, há a frequente manutenção das suas estruturas. São feitas análises mensais, semestrais e anuais. Sendo que a partir dessas, constatou-se que não existe nenhum tipo de cavitação devida a turbulência das águas no pé do vertedouro como pode ser observada na figura1.



Figura 1 – Vertedouro em funcionamento

Descrição do corpo do projeto

O dimensionamento do vertedouro, a partir de estudos prévios hidrológicos, será através de um sistema analítico de informações e todas as etapas seguem o roteiro dos critérios disponibilizados pela Eletrobrás e em paralelo, para mais detalhes, o HDC (1959) e afins.

a) Parâmetro de controle

Para reservatórios com área de inundação relativamente pequena em que o parâmetro de velocidade de subida do nível do reservatório, em m/h,

$$R = 3600 \times \frac{Q}{A_R} \quad (1)$$

onde Q é a vazão volumétrica da cheia de projeto [m³/s] e A_R é a área do reservatório [m²], resultar maior do que 2 m/h, será adotado vertedouro de crista livre sem comportas.

b) Capacidade de descarga

A carga de projeto, H_o , é a carga utilizada para definir o perfil de jusante da soleira. É definida através de uma ordenação sugestiva, com valores associados a equação

$$Q = C_o \times L \times H_o^{3/2} \quad (2)$$

onde, C_o é o coeficiente de descarga, e o L, o comprimento efetivo da crista [m], no qual,

$$L' = L + 2(N \times Kp + Ka)H_o \quad (3)$$

onde L' é o comprimento líquido da crista do vertedouro [m], N o número de pilares, kp e ka são coeficientes determinados através de gráficos.

Não sendo uma regra, e sim uma recomendação, segundo Pereira (2017, p. 100), a relação $H_o/W=1,2$, em que W é a largura da comporta [m], normalmente, é menor que H_o para reduzir a largura do vertedouro e consequentemente, a quantidade de concreto para o mesmo.

A velocidade do escoamento no canal de aproximação não deverá exceder 6,5 m/s e é dada por

$$Va = \frac{Q}{L(Z + h_o)} \quad (4)$$

onde Z é a altura da cota inferior até a crista [m] e h_o é a carga de aproximação,

$$H_o = h_o + ht \quad (5)$$

e ht é a carga de velocidade [m]

$$ht = \frac{Q^2}{2L^2g(Z + h_o)^2} \quad (6)$$

sendo g a aceleração gravitacional [m/s²].

c) Localização das comportas

Conforme os critérios da Eletrobrás, a localização das comportas sobre a soleira exerce influência direta sobre as pressões que se estabelecem ao longo do perfil do vertedouro para operação com aberturas parciais. A pressão mínima não deverá ser inferior a -2,5 m.c.a. e deverá ser confirmada nos estudos em modelo reduzido (não realizadas neste projeto).

Se as comportas enscadeiras forem posicionadas na região da crista da ogiva do vertedouro, deverão ser verificadas as pressões imediatamente a jusante das ranhuras, tendo em vista a ocorrência de baixas pressões nessa região.

d) Seleção das comportas

Para a seleção das comportas, deve-se haver uma análise de todos os fatores capazes de influir no desempenho, custo, qualidade e confiabilidade do equipamento, tais como: segurança operacional, menor peso de fornecimento, simplicidade de operação, facilidade de manutenção, requisitos estruturais (ranhuras, câmaras, guias, etc.); magnitude e direção dos esforços transmitidos ao concreto, capacidade do mecanismo de manobra, facilidade de transporte e montagem. São muitos os fatores. Na seleção da comporta, considera-se ainda, a experiência adquirida em projetos realizados, bem como a experiência dos fabricantes (PEREIRA, 2015, p. 363).

e) O Escoamento controlado pelas comportas

A capacidade de descarga do vertedouro é definida por

$$q = C_d \times G_o \times L \times \sqrt{2 \times g \times h} \quad (7)$$

onde, C_d é o coeficiente de vazão variável, G_o é a abertura da comporta [m] e h é a altura de carga hidráulica sobre o centro do orifício [m].

Com os valores obtidos tem-se a soma da vazão volumétrica da cheia de projeto. E, além disso, obtém-se a altura da borda lateral através da equação do ar concentrado:

$$\bar{C} = \frac{0,7}{\log (S/q^{1/2})} \quad (8)$$

onde S é o seno do ângulo de inclinação logo após o eixo da crista.

f) Pressões hidrodinâmicas sobre a estrutura

Conforme Pereira, (2017, p. 148), para um perfil ideal projetado exatamente com a forma da veia inferior de uma lâmina por sobre uma soleira delgada, a pressão sobre a crista vertente para a carga de projeto seria nula (pressão atmosférica). O vertedouro vai operar em cargas diferentes das descargas de projeto: para quedas baixas, a pressão vai aumentar; para quedas altas, a pressão vai diminuir.

Esta pressão pode ser determinada quatro formas diferentes: analiticamente, instrumentalmente por analogia eletrônica, graficamente utilizando-se rede de fluxo e por ensaios em modelos reduzidos (PEREIRA, 2017, p. 148).

g) Paramento de jusante

As cartas do USBR – HDC 111-2/1 e 111-1 (HDC, 1959), na figura 2, respectivamente, apresentam, as geometrias dos quadrantes de montante e jusante de um perfil padrão. Nos mesmos, $H_d = H_o$.

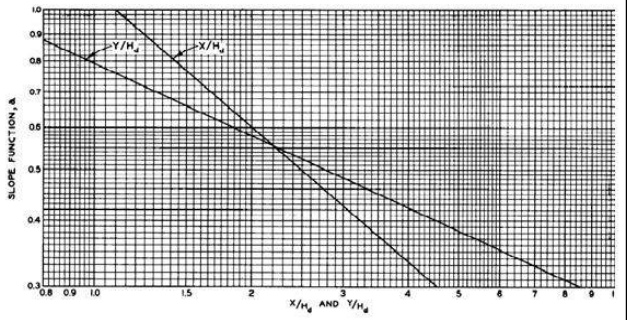


Figura 2 - Geometria dos perfis de montante e jusante

h) Calha do vertedouro

Nos vertedouros de encosta, o perfil será adaptado ao relevo local. A calha será, em princípio, retilínea e de seção retangular.

A declividade deverá garantir um escoamento supercrítico e estável.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O vertedouro existente da UHE Passo Fundo, que funciona há 46 anos – meio século aproximadamente, tem 6 vãos com comportas com raio de 6,05m, altura de 5,75 m e largura de vão de 12 m, portanto com 72 m de largura na crista.

Nesse estudo, considerando que a capacidade de vazão do vertedouro varia com $H^{1,5}$, ($Q=cLH^{1,5}$), considerando as condições de contorno existentes no local da usina, julgou-se que seria mais atraente economicamente dimensionar uma alternativa de vertedouro para uma altura maior (9,5 m) e uma largura menor (8m), com 40 m de largura na crista – 44% menor, visando-se reduzir, substancialmente, o volume de concreto da estrutura.

Na alternativa estudada e proposta, observou-se $H/W=1,2$, aproximadamente, para facilitar seu funcionamento.

Em relação aos pilares, tanto os executados, quanto aos calculados no presente trabalho, eles apresentam ogiva semicircular, evitando instabilidades e proporcionando uniformidade nas linhas de fluxo do escoamento de aproximação com repercussão positiva sobre o escoamento sobre a soleira vertente. Vale lembrar que instabilidades no escoamento podem provocar pressões negativas que, em muitos casos, podem gerar esforços que desgastam o concreto (cavitação).

Ambas as calhas de descarga atendem aos critérios da Eletrobrás, sobretudo no que diz respeito a ter-se procurado obter um escoamento uniforme das linhas de fluxo.

Vale ressaltar a ausência de bacia de dissipação no vertedouro existente. Há uma fossa de erosão no maciço rochoso de 19,80 m de profundidade, desenvolvida ao longo dos quase 50 anos de operação, a qual absorve e dissipa a energia do escoamento vertente. Vale ressaltar a importância do estudo da geologia do local na decisão de dispensar-se a bacia de dissipação de concreto; no local o maciço

rochoso, constituído por basalto são, absorve o impacto do fluxo sem problemas para a estabilidade das estruturas de concreto.

CONCLUSÕES

Nesse trabalho, de final de curso, foi redimensionado um vertedouro para a UHE Passo Fundo utilizando-se de estudos hidrológicos prévios, em concordância com o Manual da Eletrobrás, e referências afins. Destaca-se que a UHE Passo Fundo foi inaugurada em 1973, portanto, opera há quase 50 anos (meio século). As comportas têm $H = 5,75$ m e $W = 12$ m.

O redimensionamento foi feito para a vazão máxima decamilenar de $2.250 \text{ m}^3/\text{s}$, considerando o nível máximo do reservatório na elevação 598,50 m. Considerou-se nesse redimensionamento comporta mais alta ($H = 9,5$ m), com menor vão ($W = 8$ m), com relação $H/W \approx 1,2$.

Pode-se concluir que a alternativa estudada proporcionaria uma significativa economia de volume de concreto da usina, da ordem de 35%, com benefícios econômicos para o empreendimento.

Para pesquisas futuras, propõe-se um estudo de verificação em modelo reduzido da erosão limite a jusante de vertedouros, considerando materiais mais fracos – sem coesão.

Dessa forma, abre-se um leque enorme de pesquisas na área de dissipação de energia e erosão, seja de vertedouros por ressalto hidráulico, seja de vertedouros em salto de esquí, dando sequência aos estudos das referências citadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7259**: Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro 2001.

ELETROBRÁS. **Critérios de Projetos de Usinas Hidrelétricas**. Disponível em: <<http://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/geracao/Manuais%20para%20Estudos%20e%20Projetos%20de%20Geraçao%20de%20Energia/Critérios%20de%20Projetos.pdf>>. Acesso em: 22 de mar. 2018.

COSTA, José. **Estruturas Hidráulicas**. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAneEAG/aula-02-estruturas-hidraulicas?part=5>>. Acesso em 11 maio 2018.

PEREIRA, Geraldo Magela. **Projeto de Usinas Hidrelétricas – Passo a Passo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PEREIRA, Geraldo Magela. **Projeto de Vertedouros – Passo a Passo**. Rio de Janeiro: Planeta Azul Editora, 2017.

TURELLA, Débora Sacarro. **Critérios de Dimensionamento para Bacia de Dissipação por Ressalto Hidráulico Tipo I**. 2010. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Usina Hidrelétrica Passo Fundo - Tractebel Energia: Rio Grande do Sul. GDF SUEZ, 2014.

GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMASQUAL É A MELHOR ALTERNATIVA NA CONTENÇÃO DE
TALUDES: GEOMANTA OU BIOMANTA?

Aluna: Jociane Kobieski

Orientadora: Suelen Vanzetto



INTRODUÇÃO

Os geossintéticos fazem parte da biotecnologia, vem com conceito ambiental, inseridos no meio através de obras de engenharia. Estes, são fabricados com polímeros sintéticos ou naturais que servem para solucionar problemas na área de geotecnia. Exemplos desses, são a geomanta e biomanta. A geomanta, também conhecida como geomembrana, é um geossintético constituído por uma manta de liga plástica, elástica e flexível. As geomembranas mais utilizadas são fabricadas com polietileno de alta densidade – PEAD ou policloreto de vinila – PVC. E, a biomanta, tela de fibras vegetais, é formada de palha ou fibra de coco costuradas numa tela de polipropileno com alta resistência mecânica e alta durabilidade, além de proteger contra os raios UV.

Assim, dentre esses métodos, este artigo tem por objetivo analisar qual é a melhor alternativa a ser utilizada na contenção de taludes.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Geossintéticos

A fim de garantir um melhor desempenho das espécies plantadas pode-se empregar geossintéticos, os quais consistem em uma família de produtos sintéticos utilizados para resolver problemas em geotecnia. No caso específico da bioengenharia eles auxiliam no controle de erosão sobre taludes, margens de rios, lagos, podem ser utilizados sob enrocamentos até mesmo como barreiras de contenção de sedimentos (MARQUES, 2004 apud PINTO, 2009). Segundo o mesmo autor, para assegurar corretamente as funções de controle de erosão os geossintéticos devem atender a dois requisitos mínimos: reter os finos dos solos subjacentes ou dos materiais erodíveis transportados; e, resistir às velocidades de escoamento e aos esforços tangenciais provocados pelo fluxo de águas superficiais. Além disso, devem ser considerados os aspectos referente ao local onde se pretende instalar o material, tais como resistência à tração, permissividade, perfuração e impacto.

Exemplos de geossintéticos são a geomanta e a biomanta, relativos a este estudo.

Geomanta

De acordo com Márcio Franjipani (2018), a Geomembrana, como mostra a figura 1, é um geossintético de baixíssima permeabilidade, essencialmente utilizada como elemento de barreira para controlar a percolação e o fluxo de líquido e em alguns casos, de gases. Mesmo possuindo funções limitadas quando comparada aos outros geossintéticos, as geomembranas tem tido sua aplicação aumentada nas duas últimas décadas em função do maior rigor na regularização ambiental quanto à contaminação do solo e das águas subterrâneas.



Figura 1 – Geomembrana/ Geomanta

De acordo com Franjipani (2018), os principais tipos de geomembranas produzidas são dos seguintes polímeros: PEAD Polietileno de Alta Densidade; PELBD - Polietileno Linear de Baixa Densidade; PVC - Policloreto de Vinila; CSPE-R - Polietileno Clorossulfonado Reforçado; EPDM – Terpolímero de Etileno Propileno, e dieno.

Franjipani (2018), que estudou o uso de geomembranas em aterros sanitários afirma que usualmente, para impermeabilização desse tipo de serviço, utiliza-se de geomembranas de PEAD. Essa manta é um sistema de impermeabilização de baixo custo, que proporciona facilidade e rapidez na instalação, além de resistência química. Poucos autores reportam geomembranas compostas de outros polímeros em aterros sanitários no Japão e na França.

De maneira geral, segundo ele, os resultados do seu estudo, através de ensaios, permitiram concluir que a geomembrana de PEAD quando na presença de meio agressivo, Igepal ou Chorume, apresenta, com o tempo, tendência de diminuição de sua propriedade mecânica de tenacidade, indicando degradabilidade mais pronunciada.

De acordo com uma empresa de geossintéticos, de São Paulo, geralmente, a geomembrana é utilizada em: Aterros Sanitário e Industrial, Canais de Irrigação, Canais de Adução, Lagoas para Tratamento de Efluentes, Bases de Pilha de Lixiviação, Barragens de Rejeito, Lagoas de Vinhaça, Reservatórios de Água, Lagoas para Piscicultura, Biodigestores, Lagoas Ornamentais, Bacias de Contenção.

Biomanta

Quando o material utilizado para produção do geotêxtil/manta possui caráter biodegradável, as mesmas são também conhecidas como biomanta, como mostra a figura 2. A aplicação de geotêxteis biodegradáveis objetiva estabilizar encostas, por meio da redução do escoamento superficial e retenção das partículas do solo, assim como, proteger, por um período limitado, o solo descoberto de impactos do sol, da chuva e do vento (MARIANI, 2016), até que a vegetação se desenvolva e assuma este papel.



Figura 2 - Biomanta

Ela afirma que as técnicas de engenharia natural, como a aplicação de biomantas, têm como principal vantagem o baixo custo de instalação e manutenção, em especial, devido ao fato de não exigir a utilização de maquinários.

Deflor Bioengenharia (2015) e Erosion Control Technology Council (2014), orientam a instalação das biomantas respeitando os seguintes tópicos: a) regularização do terreno e do talude, garantindo que a biomanta fique totalmente aderida ao solo em todos os pontos, evitando desta forma a formação de sulcos; b) preparo do solo e semeio, avaliando as melhores condições para o local, características do solo e climáticas; c) preparo de uma trincheira na parte superior da área onde será instalada a biomanta, está atuando como âncora do material; a fixação deve ser feita na parte interna da trincheira e posteriormente com 30cm do centro da mesma de forma a unir e selar a ancora preenchida por solo, como ilustrado na figura 3.

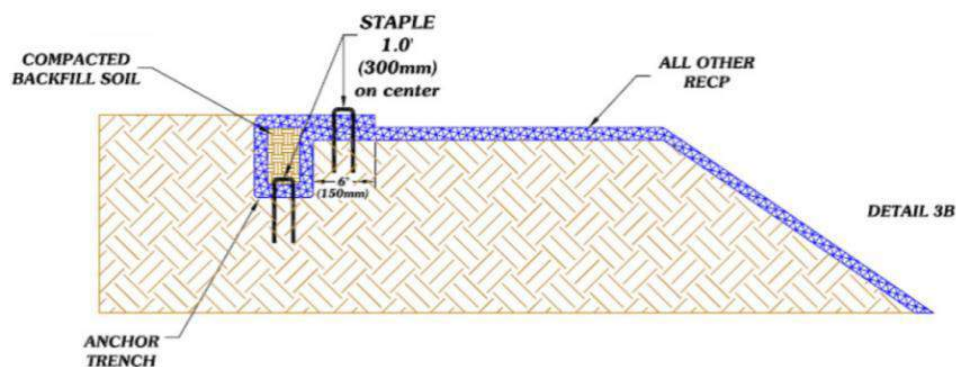


Figura 3 – Instalação de biomanta

De acordo com o Erosion Control Technology Council (2014), em condições de declive em que a âncora não pode ser feita na superfície plana superior ao talude, sugere-se que o procedimento de trincheira seja realizado no início e no término da manta, além da fixação da manta no solo de 30 em 30 cm. A emenda das biomantas deve ser feita a partir de sua sobreposição com no mínimo 30 cm e fixação com grampos.

As biomantas são produzidas com fibras naturais, e por este motivo, pesquisadores buscam maior conhecimento nas características químicas, físicas e biológicas para materiais com alto potencial como matéria prima. Dentre estes cita-se a, juta, cana, sisal, aguapé (MARIANI, 2016).

DISCUSSÃO

Partindo do conceito de bioengenharia de solos, utilizado por Pinto (2009), como sendo a combinação de elementos vivos e inertes utilizados na combinação de solos e sedimentos, os geossintéticos são os mais utilizados como barreira de proteção superficial. Neste estudo, foi enfatizado dois tipos deles: a geomembrana e a biomanta.

Segundo o Andrade (2018), as geomembranas são membranas poliméricas que apresentam permeabilidades muito baixas, próximas à ordem de 10^{-2} cm/s. Devido a esta característica, este produto é largamente utilizado como barreira para líquidos e gases. Geralmente as geomembranas são produzidas industrialmente em forma de bobinas e distribuídas. Onde nas obras através de processos específicos de soldagem, elas podem ser unidas e formar grandes painéis.

Como barreira para líquidos e gases, é muito utilizado em canais, barragens de rejeito e aterros sanitários, dentre outros.

Segundo Andrade (2018), em um projeto de aterro sanitário, além de considerar elementos básicos como a utilização de argilas, areias, britas e o próprio solo local, para a concepção do aterro, são necessário também à aplicação de materiais geossintéticos com finalidades distintas. Existe uma infinidade de geossintéticos no mercado, porém, os mais importantes a serem considerados na concepção de um aterro sanitário, devem atender a critérios de drenagem de percolado, drenagem de gases, impermeabilização e camadas de separação. Entre estes geossintéticos, destacam-se: os geocompostos drenantes e bentoníticos, geotêxteis não-tecidos e tecidos, geomembranas PEAD e tubos dreno.

As biomantas por sua vez, como citado na revisão, são constituídas por 100% de fibra natural, sendo as de coco e sisal as mais utilizadas, entrelaçadas por uma ou duas telas de polipropileno através de costuras longitudinais por um processo industrial, o que confere maior resistência e qualidade (ANDRADE, 2018).

Em comparação com a geomembrana, as mesmas são utilizadas em ambientes mais secos, minimizando o carregamento de partículas dos solos pela ação de agentes hidráulicos e eólicos. Além disso, como dito no capítulo 2, possuem a característica de ancoragem de sementes e elementos da hidrossemeadura, aulindo a germização e desenvolvimento da vegetação.

CONCLUSÃO

Este estudo teve o objetivo de definir o melhor método, entre geomanta e biomanta para contenção de taludes. Porém, como foi apresentado, faz-se a necessidade de diversas avaliações, tanto do terreno quanto de ensaios em laboratório. O podemos afirmar é a utilização de geomembrana em lugares mais aquosos e biomanta em lugares um pouco mais secos. Avaliando isso, devido a caracterização de suas fibras, a primeira de polímeros derivados de petróleo, demora muitos anos para se decompor e, em paralelo, a biomanta apresenta em sua constituição fibras naturais, o que demora muito menos para sua degradação.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Reginaldo R. **Geomembranas**. Disponível em: <<http://diprotecgeo.com.br/blog/tag/geomembrana-pead/>>. Acesso em out. 2018.

COSTA, Eli Antônio. **Avaliação de Ameaças e Risco Geotécnico aplicados à Estabilidade de Taludes**. Dissertação de Pós-Graduação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

FRANGIPANI, Márcio José Oliveira. **Estudo do Tensofissuramento em Geomembranas de Polietileno de Alta Densidade Utilizadas em Aterros de resíduos.** Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

MARIANI, Priscila Pacheco. **Produção e Aplicação de Biomantas para Controle de Erosão em Taludes.** Dissertação de Mestrado – Universidade de Santa Cruz do Sul, 2016.

PINTO, Gabriela Martins. **Bioengenharia de Solos na Estabilidade de Taludes: Comparação com uma solução tradicional.** Trabalho de Diplomação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS CIVIS: ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE ERECHIM – RS

Aluna: Juliana Colombo

Orientador: Prof. Ms. Darci Luiz Kuiawinski



INTRODUÇÃO

O processo de planejamento e controle de obra tem papel fundamental nas empresas, sendo este um dos principais aspectos do gerenciamento, que envolve orçamento, compras, gestão de pessoas, comunicações entre outros. À vista disso, a deficiência do planejamento pode ocasionar perdas financeiras para uma obra e, por extensão, para a empresa que a executa (MATTOS, 2010). Nestas condições, um bom planejamento é essencial para melhorar a produtividade, reduzir atrasos, apresentar melhor sequência de produção, balancear a necessidade de mão de obra para o trabalho a ser produzido e coordenar múltiplas atividades interdependentes. Para superar estes aspectos e corresponder ao momento de intenso dinamismo e competição, as empresas do setor têm buscado novos métodos, mais ágeis e mais competentes, para desenvolver produtos e serviços. Baseando-se no que diz respeito a busca por novos métodos e tendo em vista que o planejamento e controle inadequados são umas das principais causas dessa necessidade, este artigo tem como objetivo geral identificar os atuais modelos e técnicas de planejamento e controle de obras em quatro empresas do ramo da construção civil que são ou foram certificadas pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), na cidade de Erechim, Rio Grande do Sul (RS).

MATERIAL E MÉTODOS

Este artigo tem cunho qualitativo, uma vez que não se vale de instrumentos estatísticos no processo de análise de seu problema. Adotou-se o estudo de casos múltiplos como estratégia de investigação, pois de acordo com Yin (2005), a realização de estudo de caso é relevante quando uma questão “como” ou “por que” está sendo feita sobre eventos contemporâneos ou sobre algo que o investigador tenha pouco controle. Foram selecionadas para participar do estudo quatro empresas privadas de construção civil que são ou foram certificadas pelo PBQP-H. Para coleta de dados nessas empresas foram utilizadas múltiplas fontes de evidências: entrevista, observação simples e análise de documentos. Por fim, foram realizados cruzamentos dos dados, por meio de um quadro demonstrativo, onde são expostos os resultados obtidos, em relação a afirmativas de autores sobre o assunto. Para ocorrer a aceitação das empresas na pesquisa, a autora garantiu o anonimato das mesmas. Sendo, portanto, referidas como: Empresa A; Empresa B; Empresa C e Empresa D.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresentação das quatro empresas participantes do estudo:

Empresa A – A Empresa A iniciou sua trajetória do ano de 1954, na cidade de Erechim (RS), atualmente possui obras também nos demais estados do país. Sendo de médio porte, a empresa investe

no mercado de pré-fabricados de concreto, executando obras industriais e comerciais. Possuiu durante cinco anos a certificação do PBQP-H, e abriu mão da mesma recentemente pelo fato de não executar mais obras no ramo de habitação, que seria o motivo pelo qual havia adquirido a certificação.

Empresa B – A Empresa B atua desde o ano 1998, atendendo a cidade de Erechim (RS) e região. Empresa de médio porte, tem como atividade principal incorporação de empreendimentos imobiliários, além das construções de edifícios residenciais, condomínios e loteamento de imóveis próprios. Permanece certificada pelo PBQP-H há dez anos.

Empresa C – A Empresa C atua no mercado de construção civil desde 2009. Seu portfólio inclui, serviços de construção e incorporação, consultoria em engenharia, projetos e execução de edifícios residenciais e comerciais, urbanização e loteamento. Essa empresa é caracterizada como de médio porte e sua sede é na cidade de Erechim (RS). Há quatro anos possuiu a certificação do PBQP-H, e abriu mão da mesma recentemente pelo fato de não executar mais obras no ramo de habitação, que seria o motivo pelo qual havia obtido a certificação.

Empresa D – Por fim a empresa D, que se consolidou no mercado da construção civil em 2011. Atualmente seu portfólio inclui, condomínios de edifícios habitacionais e prédios habitacionais, em parceria com agência financiadora. Atuando na cidade de Erechim e região, a empresa se classifica como pequeno porte. Permanece certificada pelo PBQP-H há seis anos.

O Quadro 1 foi elaborado para a análise comparativa dos resultados obtidos.

Bloco	Autor	Afirmativa	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
1	Laufer e Tucker (1987)	O planejamento deve definir quatro quesitos: o que fazer (atividades), como realizar (métodos), quem irá executar (recursos), e quando realizar (cronograma).	As informações que norteiam o planejamento são: prazo de execução; acesso a recursos; fluxo financeiro; métodos de trabalho. O cronograma é atualizado semanalmente.	As informações que norteiam o planejamento são: recurso financeiro; prazo estabelecido. O cronograma é atualizado mensalmente.	As informações que norteiam o planejamento são: acesso a recursos; fluxo financeiro. O cronograma é atualizado mensalmente.	As informações que norteiam o planejamento são: plano de vendas; prazo estabelecido. O cronograma é atualizado eventualmente, caso haja indispensabilidade.
2	Ballard e Howell (2003)	A expressão <i>Last Planner</i> refere-se à cadeia hierárquica de planejamento, normalmente dividido em três níveis: planejamento de longo, médio e curto prazo.	Concebe os três níveis de planejamento, mas não tem conhecimento teórico sobre o sistema.	Concebe um único planejamento detalhado que engloba a obra desde os serviços iniciais até a entrega.	Concebe planejamento mensal detalhado que engloba os serviços executados por etapas.	Concebe um único planejamento detalhado que engloba a obra desde os serviços iniciais até a entrega.

Quadro 1 - Comparação dos múltiplos resultados com as principais afirmativas encontradas sistemas de planejamento e controle de obras

3	Machado (2003)	O planejamento da capacidade de produção envolve a conciliação entre quantidade de hrs/homem disponíveis em cada unidade de produção e a carga demandada nas operações programadas para a execução.	A produtividade da equipe de trabalho é medida e registrada diariamente pelo engenheiro por meio de um indicador de produção: homem/m².	A produtividade da equipe de trabalho é analisada e medida por meio de observação direta e preenchimento de <i>checklists</i> realizados pelo engenheiro.	A produtividade da equipe de trabalho é analisada por meio observação direta e experiência do engenheiro e do mestre de obras.	A produtividade da equipe de trabalho é analisada e medida por meio de observação direta e preenchimento de <i>checklists</i> realizados pelo engenheiro.
4	Coelho (2003)	O processo de controle é um monitoramento do processo de produção no qual se compara o realizado com o previsto, implementando-se as ações necessárias para manter a produção dentro do esperado.	O controle e monitoramento da obra é feito pelo engenheiro diariamente, por meio de um indicador que compara o previsto com o realizado. São implementados métodos de correção porém não há análise das causas.	O controle e monitoramento da obra é feito pelo engenheiro por meio de relatórios entregues por estagiários. São implementados métodos de correção porém não há análise das causas.	O controle e monitoramento da obra é feito pelo engenheiro por etapas da obra concluídas, dependendo da experiência do mesmo. São implementados métodos de correção e também são analisadas as causas.	O controle monitoramento da obra é feito pelo engenheiro por etapas concluídas, por meio da análise de <i>checklists</i> . São implementados métodos de correção e também são analisadas as causas.
5	Formoso (2001)	Existem diversas técnicas de elaboração dos planos, tais como diagrama de Gantt, redes de precedência e softwares.	Utiliza o software MS Project para a elaboração dos planos, estes baseados na técnica PERT/CPM.	Utiliza o software MS Project para a elaboração dos planos, estes baseados na experiência do engenheiro.	Utiliza um software não citado no trabalho para a elaboração dos planos, estes baseados na experiência do engenheiro.	Utiliza software não citados no trabalho para a elaboração dos planos, estes baseados na experiência do engenheiro.
6	Formoso (2001)	Além do fluxo de materiais, o fluxo de trabalho também deve ser gerenciado. É necessário sincronizar as equipes de trabalho de forma a manter um fluxo de trabalho contínuo.	Utiliza mão de obra própria e terceirizada. As equipes recebem treinamento antes de iniciar a construção. Trabalham sincronizadas, mantendo um fluxo de trabalho contínuo. Desconsidera fluxo de materiais	Utiliza mão de obra própria. As equipes recebem treinamento antes de iniciar a construção. Trabalham sincronizadas mantendo um fluxo de trabalho contínuo. Desconsidera fluxo de materiais.	Utiliza mão de obra terceirizada. O treinamento da equipe responsabilidade empreiteira contratada. Não leva em consideração fluxo de trabalho nem de materiais.	Utiliza mão de obra própria e terceirizada. As equipes contratadas recebem intenso treinamento antes de iniciar a construção. Trabalham sincronizadas mantendo um fluxo de trabalho contínuo. Desconsidera fluxo de materiais.

Quadro 1 - Comparação dos múltiplos resultados com as principais afirmativas encontradas sistemas de planejamento e controle de obras

Ao longo das análises comparativas do estudo, foi possível perceber que, em linhas gerais, as empresas apresentam resultados contrastantes em seus processos de planejamento e controle de obra. Diante disso, entende-se que as mesmas se encontram em fases socioeconômicas diferentes perante o mercado de trabalho, até porque, as datas de consolidação entre elas são desiguais, fazendo com que atinjam públicos e empreendimentos diversificados. Seus métodos de planejamento não são devidamente elaborados e aplicados e o setor ainda é tratado de forma separada dos demais setores dentro das organizações, havendo uma falta de importância delegada à área de planejamento e controle de obras. No Quadro 2, são descritos alguns fatores críticos observados durante a análise dos dados. Sendo que, estes fatores críticos surgem de acordo com as características de cada uma das empresas.

Blocos	Descrição de fatores críticos
Planejamento	Falta de entendimento sobre a função de controle e planejamento na elaboração dos planos
	Inexistência de mão de obra qualificada para a elaboração do planejamento
	Falta de relevância dos métodos de produção utilizados, na elaboração do planejamento e definição de prazos
Planejamento hierárquico	Falta de elaboração do planejamento como um sistema, sendo considerado apenas como um cronograma, ou seja, falta de formalização do planejamento
	Inexistência de planejamento hierárquico, elaboração de um único cronograma detalhado que engloba a obra desde os serviços iniciais até a entrega
Planejamento da capacidade de produção	Ausência de um planejamento destinado a capacidade de produção
	Falta de controle da demanda de serviços destinada à equipe de trabalho, visto que esse é exercido com base na experiência do responsável pela obra
Controle e monitoramento	Ausência de medição de desempenho de análise e correção de falhas de planejamento
	Ausência de análise das causas de possíveis falhas de produção
Fluxo de trabalho e materiais	Ausência de controle do fluxo de materiais

Quadro 2 - Descrição de fatores críticos

Com base na avaliação dos métodos operacionais das referidas, buscando atender a empresa cuja avaliação do controle e planejamento tivera menor desempenho, elaborou-se um quadro com sugestões de melhorias, visando a redução de falhas e lacunas existentes. Vale ressaltar que o mesmo pode ser alvo de aplicação para todas as empresas abordadas no presente trabalho.

Fatores críticos	Ações a realizar	Sugestões	Justificativa
Planejamento	Promover uma integração entre academia e a indústria da construção civil	Realizar auditorias internas ao término de cada obra. Analisar se o planejamento atual está demonstrando eficiência. Pesquisar por fontes seguras novos sistemas e técnicas de planejamento. Promover a aplicação dos mesmos. Buscar conhecimento academico para realizar essa transição de sistemas.	O sucesso de implantação de um sistema de planejamento não consiste somente na aplicação de conceitos e ferramentas gerenciais, mas também através de mudanças de caráter comportamental, ou seja, do envolvimento de todas as pessoas que compõem a organização. Há duas barreiras para este envolvimento, a falta de percepção por parte dos gerentes de produção quanto aos benefícios do planejamento e a complexidade do gerenciamento de pessoas, fator humano.

Planejamento hierárquico, Técnicas e ferramentas	Elaboração de planejamentos hierárquicos	Aderir ao sistema proposto por Laufer e Tucker (1987) e/ou Ballard e Howell (2003). Contratação de mão de obra qualificada para cada setor. Promover reuniões com toda equipe responsável pela obra para a realização do planejamento. Utilizar as técnicas e softwares indicados para a realização dos planos, como PERT/CPM, Diagrama de Gantt, MS Project. Elaborar planos formais, levando em consideração métodos de produção.	A hierarquização do planejamento se refere à maneira como as metas de produção são vinculadas aos horizontes de longo, médio e curto prazo. Neste caso, o detalhamento das metas fixadas nos diferentes níveis de planos deve ser maior na medida que se aproxima a data de execução da atividade. A utilização desta prática possibilita a minimização do retrabalho no processo de preparação dos planos, visto que para horizontes muito grandes, planos excessivamente detalhados estão mais sujeitos a erros e atualizações do que planos menos detalhados.
Fluxo de materiais	Elaborar planejamento de controle e monitoramento para fluxo de materiais	Obter conhecimento do sistema <i>Lean Construction</i> . Direcionar mão de obra específica para esse setor. Realizar registros em cada compra e fornecimento de materiais.	A área de gerenciamento de materiais tem um importante papel dentro das empresas, tendo como funções básicas a aquisição e armazenamento de materiais. Este setor assume também, cada vez mais, um papel estratégico na empresa, na medida que envolve seus diversos setores (planejamento, compras, financeiro, diretoria, etc.) e o relacionamento com fornecedores externos.
Planejamento da capacidade de produção, controle e monitoramento	Estruturar o aprendizado organizacional e promover a análise e reflexão das práticas de gestão	Realizar medição de desempenho tanto do planejamento quanto da mão de obra. Realizar correção e análise das falhas para evitar que ocorram os mesmos erros em planejamentos futuros. Realizar registros dos mesmos. Buscar por melhorias constantemente.	Buscar maior eficiência e eficácia da gestão e dos processos organizacionais. A identificação de erros e a correção dos mesmos previnem que ocorram novamente, promovendo uma melhora contínua do processo de planejamento das empresas e consequentemente mais exatidão de custos orçados e prazos preestabelecidos.

Quadro 3 – Sugestões de melhorias

Embora a elaboração deste quadro não seja o foco principal do artigo, os apontamentos contidos nele visam sugerir ideias para melhorias no gerenciamento das empresas em estudo, visto que todas apresentaram lacunas a serem preenchidas em seus processos.

CONCLUSÕES

As entrevistas e análises realizadas neste trabalho permitiram concluir que as empresas construtoras da cidade de Erechim (RS) se encontram em diferentes níveis de maturidade em relação ao planejamento e controle de obras. Tendo em comum, que todas aderem a um planejamento que consiste no estabelecimento de um cronograma no qual as atividades para a execução da obra são descritas. O controle do planejamento limita-se ao acompanhamento do cronograma estabelecido. Os resultados apresentam que, apesar de existirem sistemas, técnicas e ferramentas adequadas para o

COLOMBO, J., KUIAWINSKI, L.D.

Planejamento e Controle de obras civis: Estudo de casos múltiplos em empresas de construção civil na cidade de Erechim – RS.

planejamento e controle das obras, os planos costumam ser elaborados apenas na experiência dos envolvidos, neste caso dos engenheiros civis e gestores de planejamento. Os orçamentos, projetos, e conclusão da obra ganham maior atenção entre os setores de trabalho nas organizações, sendo assim, o planejamento e controle encontra-se defasados, sendo um setor isolado que carece de mais atenção e investimentos. O desenvolvimento deste artigo contribui para o meio acadêmico e para profissionais que desejam melhorar seus processos e/ou estão estreando nesse mercado de trabalho competitivo e complexo.

REFERÊNCIAS

BALLARD, G., HOWELL, G. A. **An update on Last Planner**. 2003, In Proceedings of 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Blacksburg. Disponível em: < http://www.academia.edu/811460/An_update_on_last_planner >. Acesso em junho de 2018.

COELHO, Henrique. Otto. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil**. Porto Alegre, 2003, 135 f. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FORMOSO, T. C. **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Porto Alegre, 2001, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LAUFER, A., & TUCKER, R. L. **Is construction project planning really doing its job?** A critical examination of focus, role and process. Construction Management and Economics. 1987.

MACHADO, Ricardo Luiz. **A sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas da construção civil**. Florianópolis, 2003, 282 f. Tese de doutorado – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras** / Aldo Dórea Mattos. – São Paulo: Pini, 2010.

YIN, Roberto K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Bookmann 2005.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E
PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE DOS
MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE BARRAGENS DE
REJEITOS****Aluna: Liliane Carla Goluinski Biolchi
Orientadora: Prof^a. MSc. Suelen Cristina Vanzetto****INTRODUÇÃO**

As atividades industriais e da mineração, além de fazerem parte dos principais agentes poluidores do ar, geram uma grande quantidade de resíduos sólidos, dos quais os mais importantes em termos de volume são os gerados pela atividade de extração do minério e pelas usinas de beneficiamento (rejeitos) (SILVA, 2007).

A mineração, uma das atividades econômicas mais importantes do Brasil, destacando-se principalmente para o petróleo e o carvão mineral, tem sido referência como uma vilã para o meio ambiente. São inúmeros os fatores que causam danos sérios a natureza, como a remoção da vegetação nas áreas de extração que acabam gerando prejuízos a fauna e a flora local, poluição dos recursos hídricos, poluição sonora, geração de rejeitos, entre outros.

A fim de amenizar parte desses impactos gerados, iniciou-se o armazenamento dos rejeitos em barragens, as quais são estruturas de terra construídas para armazenar resíduos de mineração. O rejeito, principal material dessa atividade, não possui um valor econômico significativo, mas por questões ambientais deve ser devidamente armazenado.

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (2016), o Brasil possui tecnologias, tanto de engenharia quanto de métodos geofísicos, para definir o projeto, a construção e o monitoramento do processo de acúmulo de sedimentos nas barragens, assim como para investigar o estado de conservação das estruturas ao longo de sua vida útil.

Possivelmente podem ocorrer variações expressivas nos alteamentos das barragens construídas com rejeitos, podem ser destacados três métodos mais comuns: à montante, à jusante e de linha de centro. Estas denominações resultam do deslocamento que o eixo da barragem desenvolve durante seu alteamento. Cada método deverá ser o mais adequado às combinações das variáveis condicionantes de cada projeto: topografia, hidrologia, geologia, tipos e propriedades do subsolo, granulometria e concentração dos rejeitos, velocidade de deposição, variação da capacidade de armazenamento do reservatório com o aumento da altura, disponibilidade de equipamentos de terraplanagem, compactação e equipes de controle (SOUZA E SANTOS FILHO, 2009).

Nesse sentido, o presente artigo faz uma revisão bibliográfica que tem como objetivo principal fazer uma análise comparativa entre os três métodos construtivos de barragens de rejeitos, levando em consideração os prós e contras e analisando as características de cada alteamento.

METODOLOGIA

O estudo desenvolvido seguiu os preceitos do estudo exploratório, por meio de uma pesquisa bibliográfica em artigos científicos sobre a temática, que possibilitaram a coleta de dados para posterior análise e interpretação dos resultados obtidos.

Métodos construtivos

De acordo com Nieble (1986), os alteamentos podem assumir diferentes configurações, cada uma com suas características, especificações, vantagens e desvantagens. Os métodos de alteamentos são geralmente classificados em três classes: método montante, método jusante e método da linha de centro. Os nomes referem-se à direção em que os alteamentos são feitos em relação ao dique inicial.

Nesse sentido, segundo Souza e Santos Filho (2009), primeiramente, é de extrema importância fazer o desenvolvimento de uma estratégia de gestão de resíduos, apesar de ser um processo complexo, pois visa conseguir um balanço razoável entre dois objetivos conflitantes: a maximização da redução dos riscos de contaminação/poluição e a minimização de custos financeiros. Dessa forma, o planejamento inicia com a pesquisa do melhor local para implantação, sendo influenciado por todas as variáveis direta ou indiretamente que possam interferir nas obras, como: características hidrológicas, topográficas, geotécnicas, ambientais, geográficas, sociais e avaliação dos riscos.

Método da Linha de Montante

Considerado o mais antigo, simples e econômico, esse método consiste na construção de um dique de partida, normalmente de material argiloso ou enrocamento compactado. No entanto, embora seja o mais utilizado pela maioria das mineradoras, apresenta um baixo controle construtivo, tornando-se crítico principalmente em relação à segurança, devido aos alteamentos serem realizados sobre materiais previamente depositados e não consolidados. Assim, sob condição saturada e estado de compactação fofo, estes rejeitos tendem a apresentar baixa resistência ao cisalhamento e susceptibilidade à liquefação por carregamentos dinâmicos e estáticos. Neste método construtivo ainda existe uma dificuldade na implantação de um sistema interno de drenagem eficiente para controlar o nível d'água dentro da barragem, constituindo um problema adicional com reflexos na estabilidade da estrutura (ARAUJO, 2006).

De acordo com Troncoso (1997), o método de montante para alteamento de barragens de rejeito é o mais econômico a curto prazo, pois permite obter a menor relação entre volumes de areia / lama.

Segundo Rafael (2012), para zonas de alta atividade sísmica, esse método não é recomendado pois aumenta significativamente a probabilidade de liquefação dinâmica induzida por terremotos.

Nesse sentido, inevitavelmente, todo método de construção apresenta suas vantagens e desvantagens, como podem ser vistos a seguir:

Vantagens:

- O volume de material dos alteamentos é menor;
- Menor custo de construção;
- Maior velocidade de alteamento;
- Facilidade de operação;
- Construção em topografias muito íngremes

Desvantagens:

- Baixa segurança (a linha freática muito próxima ao talude de jusante).
- Susceptibilidade à liquefação por sismos naturais ou por vibrações do movimento de equipamentos, quando os alteamentos são realizados com os rejeitos, isto devido à fundação dos alteamentos ser constituída de areias saturadas fofas não compactada e/ou não classificadas;
- Quando os rejeitos não são compactados ou ligeiramente compactados, a superfície crítica de deslizamento passa pelos rejeitos sedimentados.
- Existe a possibilidade de ocorrência de “piping” devido à linha freática estar muito próxima do talude da jusante e a não compactação dos rejeitos, ou quando ocorre a concentração de fluxo entre dois diques compactados (SOUZA; SANTOS FILHO, 2009).

Método à Jusante

É um método mais conservador do que o método à montante, desenvolvido para reduzir os riscos de liquefação em zonas de atividade sísmica. Depois da construção do dique de partida, os alteamentos subsequentes são realizados à jusante do mesmo, até atingir a cota de projeto (RAFAEL, 2012).

De acordo com Klohn (1981), as vantagens envolvidas no processo de alteamento para jusante consistem no controle do lançamento e da compactação, de acordo com técnicas convencionais de construção. Nenhum alteamento ou parte da barragem é construído sobre o rejeito previamente depositado. Além disso, os sistemas de drenagem interna podem ser instalados durante a construção da barragem e prolongados durante seu alteamento, permitindo o controle da linha de saturação na estrutura da barragem e aumentando sua estabilidade. A barragem também pode ser projetada e construída apresentando a resistência necessária ou requerida, inclusive resistir a qualquer tipo de forças sísmicas, desde que projetadas para tal, já que há a possibilidade de atendimento integral das especificações de projeto (IBRAM, 2016).

Souza e Santos Filho (2009), apresentam a seguir a existência de prós e contras desse método. Vantagens:

- Eficiência para o controle das superfícies freáticas, pela construção de sistemas contínuos de drenagem;
- Pode ser usado em lugares com vibrações e/ou alta sismicidade, já que, se compactados os rejeitos do “underflow”, a susceptibilidade de liquefação é muito menor;
- Operação simples;
- Possibilita a compactação de todo o corpo da barragem;
- Maior segurança devido aos alteamentos controlados, as probabilidades de “piping” e de rupturas horizontais são muito menores;
- O estéril proveniente da lavra pode ser utilizado, e/ou misturado nos alteamentos;

Desvantagens:

- Necessidade de grandes quantidades de rejeitos nas primeiras etapas da construção;
- Dependendo das características dos rejeitos, os problemas de área se incrementariam, devido aos taludes bastante abatidos;
- Necessidade de sistemas de drenagem eficientes, havendo probabilidade de colmatação;
- Devido à complexidade dos diques de partida e de enrocamento e aos sistemas de drenagem, os investimentos iniciais são altos;
- Em zonas de alta pluviosidade é possível que os rejeitos a jusante não possam ser compactados adequadamente, devendo-se esperar épocas de estio para a operação de equipamentos em cima dos rejeitos;
- Não possibilita a proteção com cobertura vegetal no talude de jusante, e tampouco drenagem superficial durante a fase construtiva, devido à superposição dos rejeitos;
- É necessário o emprego de ciclones para garantir uma ótima separação dos rejeitos.

Método da Linha de Centro

Segundo Assis & Espósito (1995), o comportamento geotécnico do método de linha de centro se assemelha mais a barragens alteadas para jusante, constituindo uma variação deste método, onde o alteamento da crista é realizado de forma vertical, sendo o eixo vertical dos alteamentos coincidente com o eixo do dique de partida.

Por ser uma combinação dos dois métodos descritos anteriormente, Souza e Santos Filho (2009) explanam que as vantagens e desvantagens são similares às dos mesmos.

Vantagens:

- Facilidade na construção;

- Eixo dos alteamentos constante;
- Redução do volume de “underflow” em relação ao método da jusante.

Desvantagens:

- Necessidade de sistemas de drenagem eficientes e sistemas de contenção a jusante (se o material de rejeito fica saturado a jusante, pode comprometer a estabilidade do maciço);
- Operação complexa; é necessário equipamento para deposição mecânica a jusante;
- Pela complexidade da operação, os investimentos globais podem ser altos;
- Como se viu anteriormente, o método de jusante tem as melhores características de estabilidade; porém, o volume necessário de “underflow”, material de empréstimo ou estéril da lavra, é três vezes o do método de montante, o que relaciona, logicamente, com os custos do projeto total.

DISCUSSÃO

É inevitável falar em barragens de rejeitos sem recordar o maior desastre ambiental da história do Brasil: o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana – MG, (2015). Dessa forma, o Ministério Público de Minas Gerais (MPMG) estabeleceu novas regras para barragens no Estado de Minas Gerais, pelo Decreto 46.993/2016, especialmente para aquelas de rejeitos que utilizam o método de alteamento para montante. Nesse sentido, o promotor Marcos Paulo de Souza, classificou o método de contenção de rejeitos como “assassino” e “antiquado”, concluindo que 43% das barragens de mineração de Minas Gerais são construídas por essa técnica.

Como se viu anteriormente, o método de jusante tem as melhores características de estabilidade; porém, o volume necessário de material de empréstimo, é três vezes o do método de montante, o que relaciona, logicamente, com os custos do projeto total. Além disso, com este método, a área ocupada pelo sistema de contenção de rejeitos é muito maior, devido ao progresso da estrutura para jusante em função do acréscimo da altura.

Os métodos de alteamento por montante e pela linha de centro têm vantagens econômicas, pois apresentam redução do custo de implantação e têm o custo de construção e o custo operacional distribuídos no tempo. Entretanto, têm na água dos poros do rejeito e do reservatório o principal elemento instabilizador.

CONCLUSÃO

Para fazer uma análise global dos métodos e concluir qual é o mais viável para realizar a construção de uma barragem de rejeito, é necessário analisar os três principais tópicos: eficiência, segurança e economia. Nesse contexto, as barragens alteadas pelo método de linha de centro apresentam uma disposição intermediária entre os métodos à montante e à jusante, apresentando vantagens dos mesmos, ao mesmo tempo em que tenta minimizar suas desvantagens.

Dessa forma, essa técnica por ser classificada como um melhoramento das outras, pois tem um custo intermediário entre montante/jusante, herda a facilidade de execução da barragem à montante e a estabilidade do método à jusante.

No entanto, para que se atinja uma boa eficiência, para qualquer método construtivo, é necessário que os projetistas, construtores e órgãos regulamentadores atuem de forma organizada e com competência, respeitando as normas e a lei Nº 12.334 de 20 de setembro de 2010 de segurança de barragens.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, C. B. **Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro**. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade

Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2006.

ASSIS, A.; ESPÓSITO, T. Construção de barragens de rejeito sob uma visão geotécnica. In: SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS DE REJEITOS E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS – REGIO, 3, 1995. **Anais...** Ouro Preto: ABMS/ABGE/CBGB, 1995, p. 259-273.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **Gestão de manejo de rejeitos da mineração**. Brasília, 2016.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Escola Politécnica da USP. **Rejeitos de Mineração**. São Paulo, 2016.

KLOHN, E. J. **The development of current tailing dam design and construction methods**. In: WILSON, D. (Ed.) Design and construction of tailing dams. Golden: Colorado School of Mines, 1981.

NIEBLE, C.M. **Deposição de Rejeitos**. Curso de Geotecnia Aplicada a Minas a Céu Aberto. Paulo Abib Engenharia S.A. Apostila, 28p. Il. Itabira, MG. 1986.

RAFAEL, H. M. A. M. **Análise do Potencial de Liquefação de uma Barragem de Rejeito**. Rio de Janeiro, 2012. 103 p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

SILVA, J.P.S. **Impactos ambientais causados por mineração**. REVISTA ESPAÇO DA SOPHIA - Nº 08 – nov. /2007 – MENSAL – ANO I.

SOUZA, M. J.; SANTOS FILHO, N.G. **Barragens de rejeito**. Faculdade de Atenas, Paracatu – MG, 2009.

TRONCOSO, J. H. Geotechnics of tailings dams and sediments. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENVIRONMENTAL GEOTECHNICS, 18, 1997. Lisboa. **Anais...** Lisboa: ICEG, 1997. p. 1405-1423.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DE MACROFIBRAS DE NYLON REUTILIZADO EM CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA (CAR) SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS

Alunos: Liliane Carla Goluinski Biolchi, Beatriz Schimelfenig e Mariana Zucchi Vargas

Orientadora: Prof^ª. Dra. Cristina Vitorino da Silva



INTRODUÇÃO

Há décadas são realizados estudos ressaltando sobre o comportamento do CAR submetido a altas temperaturas, justamente em função da sua microestrutura muito compacta, o que dificulta a liberação do vapor e o alívio de pressão (SILVA, 2013). Devido a esses concretos serem menos permeáveis, há desenvolvimento de pressão interna elevada, o que pode induzir a lascamentos potencialmente explosivos, conhecido como efeito *spalling* (COSTA; FIGUEIREDO; SILVA, 2002).

A fim de solucionar esse problema, as fibras sintéticas vem sendo objeto de muito estudo nos últimos anos, pois elas derretem com a elevação da temperatura, criando caminhos para a migração dos gases quentes para a superfície da matriz cimentícia (BONOMI et al., 2001).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar a resistência à compressão do (CAR) com a adição de macrofibras de *nylon* reutilizado submetido a altas temperaturas, em diferentes períodos de exposição, além de averiguar a influência da adição frente ao efeito *spalling*.

METODOLOGIA

Esta etapa abrange o método de pesquisa, o qual baseia-se em um conjunto de procedimentos que vão desde a caracterização dos materiais até a realização dos ensaios.

Programa experimental

A Figura 1 apresenta o programa experimental desenvolvido para esse estudo.

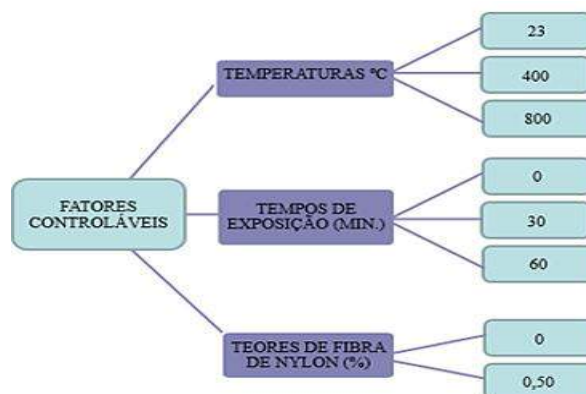


Figura 1 – Programa Experimental

Caracterização dos materiais

Os materiais utilizados no estudo são característicos desta região do Rio Grande do Sul, os quais foram escolhidos em virtude da ampla utilização e fácil obtenção.

Dessa forma, o cimento utilizado neste trabalho foi o CPV – ARI, o qual caracteriza-se por atingir altas resistências nas primeiras idades.

Com o intuito de auxiliar no ganho de resistência e aumentar a durabilidade do concreto, foi utilizada a sílica ativa.

O agregado graúdo utilizado foi de origem basáltica, comercialmente conhecido como Brita 01. Já o agregado miúdo foi uma areia média natural de origem quartzosa.

O aditivo químico utilizado para confecção dos corpos de prova foi um superplastificante líquido, isento de cloretos.

Foram utilizadas também as macrofibras de *nylon* reutilizado, às quais foram providenciadas por meio de um processo artesanal, cortadas nas dimensões de 2 x 25 mm.

Produção do concreto

Foi utilizado o Método IPT/EPUSP Modificado proposto para dosagem de CAR, especificado um abatimento de tronco de cone de 130 ± 20 mm e resistência de 55 MPa aos 28 dias. A Tabela 1 apresenta o traço utilizado na dosagem dos concretos, sendo escolhido o traço de 1:5 para confecção dos corpos de prova, por atender a resistência necessária e ter o menor consumo de cimento.

TRAÇO	α	TRAÇO UNITÁRIO				SLUMP (mm)	Aditivo (kg)	CONSUMO DE CIMENTO (Kg/m ³)	H (%)	Resistência	
		c	a	p	sa					F _{cj} (MPa)	a/c
1:5		0,9	2,00	3,00	0,10	135	0,051	392,29	0,065	67,06	0,39

Tabela 1 – Traço utilizado na dosagem do concreto

Moldagem, cura e aquecimento dos corpos de prova

A mistura dos materiais foi feita na betoneira de eixo vertical. Em seguida, verificou-se o abatimento de tronco de cone, e iniciou-se a moldagem em formas metálicas nas dimensões de 10 x 20 cm e adensados em mesa vibratória.

Na sequência, os CP's foram identificados e mantidos em local protegido de intempéries até a desforma por 24 horas. Após, foram levados à cura úmida até os 25 dias, depois foram mantidos em lugar arejado por 72 horas, para serem ensaiados.

Após os 28 dias, os CP's foram retificados, sequencialmente foram aquecidos na mufla SANCHIS. Nesse sentido, adotou-se uma taxa de aquecimento constante de 12 °C/min. Após atingirem as temperaturas de 400 °C e 800 °C, manteve-se os CP's durante os intervalos de tempo de 30 e 60 minutos. O resfriamento ocorreu de forma natural.

Ensaio de resistência à compressão

Após serem aquecidos a diferentes níveis de temperaturas e tempos de exposição, foram avaliadas as resistências à compressão dos corpos de prova.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados foram tratados estatisticamente para a eliminação dos dados espúrios, através do método de análise de variância (ANOVA), pelo software Statistica 8.0, seguida do teste Post Hoc de Fisher.

Na sequência será demonstrado os resultados significantes para essa pesquisa.

Efeito isolado do teor de adição

A partir da Figura 2 percebe-se a redução dos valores de resistência à compressão, conforme incorporou-se a fibra de *nylon*.

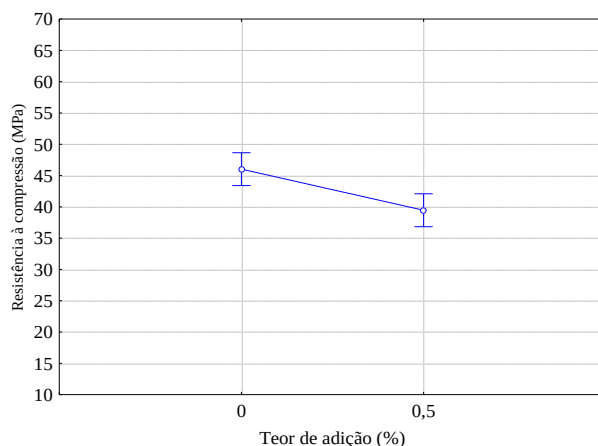


Figura 2 – Efeito do teor de adição sobre a resistência à compressão

De acordo com o estudo desenvolvido por Gomes (2005), no qual foi incorporado fibras de poliamida na pasta de cimento, esse aspecto está relacionado à incorporação de ar na massa ocasionada pela presença das fibras. Nesse sentido, nenhum incremento ou pouco incremento na resistência à compressão é esperado pela adição de fibras, sendo os maiores benefícios relacionados ao aumento de tração, flexibilidade e absorção de energia.

Efeito isolado da temperatura

Nos resultados mostrados na Figura 3 observa-se que a resistência à compressão, decresce na medida em que ocorre o incremento da temperatura.

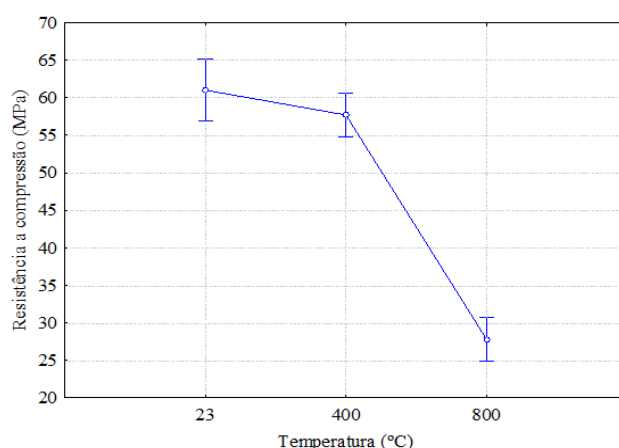


Figura 3 – Efeito da temperatura sobre a resistência à compressão

Como já exposto por Lima (2005), a temperatura de 400°C apresenta uma pequena variabilidade nas propriedades do concreto, indicando ser um marco divisório no comportamento do concreto durante incêndios. No entanto, tomando-se como a referência a temperatura ambiente, para os 800 °C o decréscimo chegou a 54,90 %.

Conforme os estudos de Lima (2005), a exposição a altas temperaturas provoca diversas alterações na estrutura do concreto, com repercussões na sua resistência e módulo de elasticidade. Nesse sentido, reduzem drasticamente as resistências dos concretos de alta resistência. Ainda, enfatiza que as perdas de resistência, geralmente, são mais pronunciadas para classes de concreto mais elevadas.

Há diversos fatores que influenciam para a redução da resistência do concreto, quando aquecido. Os agregados, por exemplo, contêm poros em vários tamanhos, os quais são geralmente grandes, inertes e descontínuos, e a água presente nos mesmos pode contribuir para o calor latente e para os deslocamentos explosivos, além de influenciar as propriedades térmicas. Durante o aquecimento, as partículas de agregado começam a expandir e gerar tensões diferenciais no interior do concreto, que podem levar ao aparecimento de microfissuras na pasta e, eventualmente, à desintegração do material (CHANA; PRICE, 2003).

Nesse sentido, ainda pode ser levado em consideração, a aderência entre a pasta e o agregado que pode ter sido altamente comprometida durante o aquecimento. A reatividade do agregado pode ser benéfica ou não para a aderência, dependendo da natureza das transformações químicas que ocorrem, uma vez que o elemento formado pode produzir uma aderência mais elevada ou, ao contrário, transformar a zona de transição em um local repleto de micro-fissuras e vazios (CASTELLOTE et al., 2003).

Efeito combinado do “*Teor de adição x Temperatura*”

O efeito da interação entre o “*Teor de adição x Temperatura*” sobre a resistência a compressão é demonstrado na Figura 4.

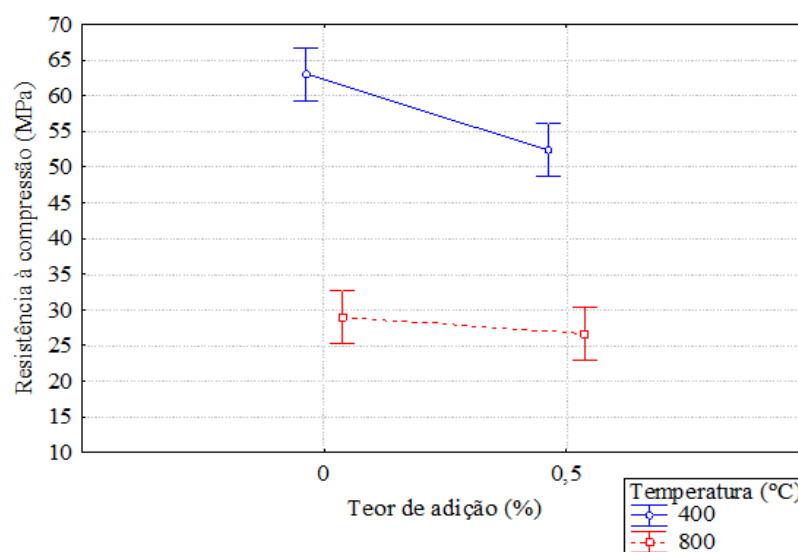


Figura 4 – Efeito do “*Teor de adição x Temperatura*” sobre a resistência

Na Figura 4, é possível verificar uma redução da resistência na medida em que se incrementa temperatura e o teor de fibra, sendo mais significativo para a temperatura de 800°C em comparação à faixa de 400°C. Esses resultados podem ser justificados por Lima (2005), o qual constatou que os dois fatores acarretam no aumento do tamanho e quantidade dos poros no concreto. Além disso, para a temperatura de 800°C a fibra derreteu por completo formando maiores vazios e, conseqüentemente, maior redução na resistência em relação à temperatura de 400°C, onde a fibra não havia atingido seu ponto de fusão.

Para os 400°C, houve uma perda de resistência ao se incorporar as fibras, este comportamento se dá devido a adição aumentar a porosidade e a retenção de água do concreto, diminuindo a

resistência conforme exposto por Lima (2005). Nesse sentido, segundo Figueiredo, Costa e Silva (2002), pode-se considerar também que a adição de fibras leva a perda de fluidez do material devido sua elevada área específica que demanda uma grande quantidade de água de molhagem, aumentando o atrito interno do concreto.

CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou analisar o comportamento do (CAR) submetido a altas temperaturas, avaliando se a adição de fibras de *nylon* apresentaria desempenho satisfatório nos ensaios de resistência à compressão e seria uma alternativa viável para o mercado da construção civil no que diz respeito a minimização dos efeitos de lascamento explosivo. Os resultados obtidos nos ensaios passaram por tratamento estatístico dos dados, por meios dos quais foi possível apresentar as conclusões descritas a seguir.

Diante desta análise, foi possível revelar que a adição de 0,5 % de fibra de *nylon* provocou perda de resistência à compressão, reduzindo ainda mais seus valores em função do acréscimo da temperatura e do tempo de exposição. Esse fato pode ser justificado devido ao se aumentar a temperatura a poro-pressão também se elevar, gerando microfissuras no concreto, que interferem diretamente nas propriedades mecânicas.

De modo final, conclui-se que a adição da fibra de *nylon* é eficiente para se evitar lascamentos explosivos, colaborando para a segurança estrutural dos elementos de CAR.

REFERÊNCIAS

BONOMI, M. et al. On the ultimate capacity of high performance, R/C sections at high temperature and after cooling. In: THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE OF CONCRETE UNDER SEVERE CONDITIONS (CONSEC'01), 2001, Canadá. **Proceedings...** Vancouver: The University of British Columbia, 2001. 2v. v. 1, p. 127-133.

CASTELLOTE, M. et al. **Microstructure: solid phases**. In: COURSE ON EFFECT OF HEAT ON CONCRETE, Udine, Itália: International Centre for Mechanical Sciences, 2003. 13p. Apostila

CHANA, P; PRICE, B. **The Cardington fire test. Concrete**. London, p. 28-33, jan. 2003.

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. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 44., 2002, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: IBRACON, 2002b. 1 CD-ROM.

GOMES, C. E. M. **Propriedades da Pasta de Cimento Portland com Adições do Copolímero Va/VeoVa e Fibras de Poliamida – Estudo da Interface Fibra-Matriz**. 2005. 200 p. Tese (Doutorado) – Interunidades Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

LIMA, R. C. A. de. **Investigação do comportamento de concretos em temperaturas elevadas**. 2005. 241 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SILVA, J. S. da. **Estudo de concretos de diferentes resistências à compressão submetidos a altas temperaturas sem e com incorporação de fibras de politereftalato de etileno (PET)**. 2013. 147 f. Dissertação (Título de Mestre em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E
PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS****DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO
CIVIL E DEMOLIÇÃO – RECICLAGEM**

Aluno: Luciano Foletto
Orientador: Suelen Cristina Vanzetto

RESUMO

Diante do crescente avanço urbano, exigindo cada vez mais da construção civil, a geração de resíduos aumenta quase que proporcionalmente. Junto a este avanço e com novas tecnologias, simplesmente colocar os resíduos em qualquer lugar, muitas vezes impróprios para tal uso, acarretam em severos danos ambientais. Somando a preservação do meio ambiente, as altas extrações de minerais pela demanda construtiva, alternativas devem ser tomadas para um reuso deste material. Da década de 2000 em diante, com a criação de normativas técnicas para o manejo de resíduos e uma maior gestão visando reciclagem, novos caminhos estão sendo criados para um problema, que só a pouco, vem sendo tratado com devida atenção. Com os recentes estudos das bibliografias, a reciclagem vem ganhando espaço e diversos estudos em diferentes cidades pelo país mostram possível a reutilização de diversos materiais para inúmeros fins.

Palavras-chave: Reciclagem. Resíduos. Construção Civil. Meio Ambiente.

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a construção civil como uma das atividades que mais exploram e retiram matérias-primas do meio ambiente, vindo de diversas décadas sendo executada de maneira artesanal e atualmente, com o grande avanço urbano, somado aos aspectos tecnológicos, que favorecem a extração de matérias-primas e métodos construtivos cada vez mais rápidos, agrega-se a isso a alta produção de resíduos de construção civil. Resíduos estes que muitas vezes passam despercebidos em projeto ou só vão ser relevantes em etapas finais de uma obra, onde seus impactos já são bastante comprometedores.

Segundo a 1ª RESOLUÇÃO CONAMA, (Nº.307/2002), alterada para Nº. 448/2012, existem hoje normativas que trazem opções para uma correta destinação final destes resíduos, sem causar danos ambiental, frisando a importância de tal medidas. Um importante tópico a ser levantado nos diz que os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Numa obra, muitas vezes já iniciada ou consideravelmente avançada, onde diversos campos (hidros sanitários, elétrico, estrutural, arquitetônico, entre outros) junto ao tempo final de entrega disponível restante, divergem entre si. Tendo, portanto, questões referentes as sobras e resíduos são passadas despercebidas em projeto ou execução, pois profissionais e demais envolvidos a desconsideram importante.

A resolução CONAMA Nº.307/2002, classifica os resíduos em diversas classes caracterizada pelas particularidades do resíduo. Segundo Lima e Lima (2009) apud da Silva et al (2015), a fase de caracterização é particularmente importante no sentido de identificar e quantificar os resíduos e, desta forma, realizar o planejamento adequado, visando a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final. Logo, saber o tipo de resíduo é o primeiro passo para saber qual opção viável tem-se para ele.

Segundo o artigo 10 da resolução CONAMA Nº.307/2002, que diz:

Os resíduos da construção civil deverão ser destinados das seguintes formas:

I - Classe A: devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou enviados para aterros de resíduos de construção, sendo dispostos de forma a permitir seu uso futuro ou reciclagem;

II - Classe B: devem ser reutilizados, reciclados ou enviados para áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de forma a permitir seu uso ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados ao uso de acordo com normas técnicas específicas.

IV - Classe D: devem ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados a serem utilizados de acordo com normas técnicas específicas.

Vindo a décadas de um sistema sem olhos para o impacto ambiental, faz-se atualmente uma tarefa difícil alterar os métodos práticos desde a exploração até a destinação final do resíduo, para que as perdas sejam reduzidas e o dano ambiental quase nulo. Para Pinto (1999), A ausência de informações se estendia também à natureza das atividades construtivas, desconhecendo-se a participação dos diversos agentes na produção das edificações urbanas e a origem dos resíduos gerados. Complementarmente, a construção civil é responsável por aproximadamente 40% dos resíduos gerados na economia, por 75% de todo o resíduo sólido e, por 20% a 50% do consumo dos recursos naturais extraídos do planeta. (OLIVEIRA e CARVALHO, 2014)

A redução é fator essencial do planejamento. A reutilização dos materiais é o passo seguinte, reduzindo custos e a geração de outros resíduos; e a reciclagem fecha a cadeia do resíduo, que se transforma em matéria-prima e inicia um novo ciclo. (WIENS e HAMADA, 2006).

A reciclagem de resíduos de construção civil ainda é um caminho pouco explorado. Está, mostra-se uma das possíveis técnicas para destinação final de um resíduo, tal como, uma das que menos impactos ambientais possui, pois, o resíduo invés de depositado para descarte, é reutilizado. Os resíduos de construção civil podem encontrar um grande número de finalidades para reutilização, desde que devidamente tratados e analisados (PORTO e SILVA, 2008). Complementando, Brasileiro e Matos (2015) dizem: a reciclagem de resíduo contribui também para a ampliação da vida útil dos aterros, especialmente em grandes cidades, em que a construção civil é intensa e há escassez de área para deposição.

Os autores também mostram que a reciclagem age como matéria prima alternativa contribuindo para a redução da superexploração das jazidas naturais.

Como último fator dos impactos positivos que a reciclagem traz consigo, temos a questão econômica. Segundo Paiva (2004), quando o montante da economia de custos for igual aos gastos realizados para reciclar o entulho, encontra-se o ponto de equilíbrio. Verifica-se que quanto mais a empresa reciclar, mais diminuirá seus custos.

Neto e Schalch (2010) em seus estudos utilizou a reciclagem em duas etapas, a primeira ainda nos próprios canteiros de obras e uma segunda em escala maior, com usinas recicladoras.

A reutilização de um resíduo difere muito, tendo sua composição e características como fatores que determinam qual uso adequado. Segundo Pinto (1999), a composição dos resíduos de construção civil e também demolição – RCD é diferente em cada país, em função da diversidade de tecnologias construtivas utilizadas.

A versatilidade da reutilização do RCD também é bastante variada.

Dentre as várias possibilidades, a reciclagem de RCD pode ser aplicada para diversos fins, tais como: camadas de base e sub-base para pavimentação, coberturas primárias de vias, fabricação de argamassas de assentamento e revestimento, fabricação de concretos, fabricação de pré-moldados (blocos, meio-fio, dentre outros), camadas drenantes, etc. (BRASILEIRO e MATOS, 2015, p.184).

Referente a reutilização de um resíduo, Oliveira e Carvalho (2014) mostram estudos sobre reciclagem do gesso, este que, devidamente separado e levado a máquinas de britagem juntamente a eletroímãs, para retirar a presença de metais, pode ser reciclado em até 100%.

No RCD, devido à falta de separação entre constituintes na disposição, ocorre uma mistura de resíduos, que muitas vezes não pode ser individualmente separado e tem que ser tratado como um todo, o entulho. Porto e Silva (2008) complementam: [...] constituído de restos de praticamente todos os materiais de construção (argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas, etc.) e sua composição química está vinculada à composição de cada um de seus constituintes.

O entulho de construção reciclado pode substituir em grande parte os agregados naturais empregados na produção de concreto, blocos e base de pavimentação. (PAIVA, 2004). Porém, a maior parte dos resíduos produzidos pelos grandes geradores é descartada em “bota-foras” como são chamadas as áreas públicas ou privadas de maior dimensão utilizadas para atividades de aterro na maioria das vezes realizadas sem nenhum controle técnico. (SEGATO, 2009).

Segundo Porto e Silva (2008), o entulho origina-se de 3 situações: construção, demolição ou reforma e sua constituição varia muito. Estudos realizados por Costa et al (2004) mostraram que a cidade de Belo Horizonte reciclava cerca de 25% de todo o entulho gerado, equivalente a 350 toneladas/dia. Ainda complementando os autores, de janeiro a setembro de 2003, a prefeitura produziu 99,236 toneladas de material britado, para utilização na construção civil. (COSTA e outros, 2004).

Algumas pesquisas realizadas por Pinto (1999), analisam o uso do entulho junto a argamassas e concreto como constituinte de agregado miúdo e graúdo. Mostrando-se altamente promissor trazendo um menor uso de aglomerante. Reforçando o conceito de utilização em concretos, para Porto e Silva (2008), a utilização de resíduos oriundos de concreto são os que possuem melhores

características. Os autores frisam ainda que está aplicação exige cuidados, devido à grande importância dos agregados, e que algumas prefeituras já possuem usinas de reciclagem, com britadores que forneçam o entulho pronto para uso na granulometria desejada.

As recomendações específicas para agregados britados de concreto estabelecem que o agregado de concreto, deve representar mais que 95% do total. Não mais que 5% devem consistir de materiais secundários tais como tijolos de argila, tijolos de areia calcária, concreto leve, [...] (PORTO e SILVA, 2008).

Estudos realizados por Paiva (2004) analisam o uso do entulho para produção do “tijolo ecológico”, onde foi utilizado para a produção de 100 tijolos, 1 lata de cimento para 7 latas de entulho. O autor também mostra que o custo deste experimento empregando a reciclagem do entulho é próximo de 50% menor.

3. DISCUSSÃO

A realização desta revisão traz um assunto a ser refletido, sendo abordado por muitos autores em diversas obras. A implementação da reciclagem mostra-se promissora, mas ainda é uma atividade um pouco complexa. Podemos observar, que alguns autores frisam a importância de conhecer o resíduo em questão, suas características, composição e afins. É através dessas análises e cumprindo as normativas que pode ser feita uma boa reutilização do produto. Diversos autores mostram um vasto campo para utilizar produtos de reciclagem assim como menores custos totais de uma obra. Em contrapartida, analisando diversas obras, algumas mostrando estudos de reciclagem de aproximadamente duas décadas, percebe-se que ainda é um assunto pouco colocado em pauta. Observando-se o acelerado avanço tecnológico e construtivo, o que gera cada vez mais extração de matéria prima, conseqüentemente mais resíduos, ainda se tem lacunas que devem ser aperfeiçoadas para um total reaproveitamento.

4. CONCLUSÃO

Concluindo o estudo realizado, vemos uma possível solução para a excessiva geração de resíduos. Diversos estudos nos mostram as possíveis utilizações e economias financeiras para um produto visto como inutilizável. A reciclagem de resíduos de construção civil pode ser uma das alternativas para acabar com a disposição final incorreta desse resíduo, pois a maior parte deste, ainda é depositado em quaisquer lugares impróprios. Atrélado a isso, reduzir estes locais, reduz também o impacto ambiental realizados por estes. Outro ponto positivo da reciclagem é contribuir gigantescamente para a preservação de matérias primas naturais, diminuindo a extração e degradação do meio ambiente (lembrando da necessidade por novas alternativas já que minas e jazidas são finitas).

Conclui-se também que todos os fatores estão interligados, tendo através da reciclagem, a solução de diversos outros problemas recorrente a resíduos. A reutilização de um resíduo também mostra aspectos econômicos positivos, com redução de custos em relação a utilização de um produto

primário. Além da possibilidade da geração de novos subprodutos. Vale a pena frisar, que a reciclagem ainda engatinha em relação aos largos passos dados pela geração de resíduos. A necessidade de novas técnicas ainda é grande e os impactos positivos da reciclagem ainda são pequenos perante o rendimento almejado, mas é um caminho jovem a ser estudado pela engenharia.

REFERÊNCIAS

_____. Resíduos da construção civil. **Resolução CONAMA Nº.448**. Brasília, 2012. Disponível em:< <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672>>. Acesso em: 02/10/2018.

_____. Gestão de resíduos e produtos perigosos. **Resolução CONAMA Nº.307**. Brasília, 2002. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_0910200803-0504.pdf>. Acesso em: 02/10/2018.

DA COSTA, N. A. A. et al. **A reciclagem de resíduo de construção e demolição: uma aplicação da análise multivariada**. I Conferência Latino-americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004. Disponível em: <ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004-/trabalhos/PAP0980d.pdf>. Acesso em: 03/10/2018.

NETO, J. C. M.; SCHALCH, V. **Gestão dos resíduos de construção e demolição: estudo da situação no município de São Carlos-SP, Brasil**. São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n36/Pag.41-50.pdf>>. Acesso em: 09/10/2018.

OLIVEIRA, K. C. C.; CARVALHO, M. C. **Reutilização de resíduos liberados nas construções civil**. [S.l.: s.n.], [2014?]. Disponível em: <<https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/2271.pdf>>. Acesso em: 15/10/2018.

PAIVA, P. A.; RIBEIRO, M. S. **A reciclagem na construção civil: como economia de custos**. Disponível em: < <http://periodicos.unifacef.com.br/-/index.php/rea/article/viewFile/185/37>>. Acesso em: 10/10/2018.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (doutorado). Escola Politécnica, USP, São Paulo, 1999. Disponível em: < <http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/GestResiduosSolidos.pdf>>. Acesso em: 10/10/2018.

PORTO, M. E. H. C.; SILVA, S. V. **Reaproveitamento dos entulhos de concreto na construção de casas populares**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/-enegep2008_TN_STP_079_551_11839.pdf>. Acesso em: 08/10/2018.

SILVA, O. H. et al. **Etapas do gerenciamento dos resíduos da construção civil**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Maringá, 2015. Disponível em: < <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/20558/pdf>>. Acesso em: 03/10/2018.

WIENS, I. K.; HAMADA, J. **Gerenciamento de resíduos da construção civil – uma introdução à legislação e implantação**. XIII SIMPEP - Bauru, 2006.

GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DA BRITA GRADUADA SIMPLES (BGS) COM ADIÇÃO DE HIDROSEAL

Aluno: Marina Dal Bosco

Orientador: Fabiano da Silva Jorge



INTRODUÇÃO

De acordo com Balbo (2007), ao pavimentar e ao proporcionar melhores vias de tráfego, se oferece aos usuários uma redução dos custos de operação, já que estes custos e os de manutenção dos veículos estão diretamente ligados às condições dos pavimentos.

Dessa forma, o objetivo da pavimentação é propiciar um tráfego confortável e seguro, com estruturas capazes de suportar as ações da circulação de veículos, garantindo um bom desempenho em relação aos custos de operação e à manutenção no decorrer do tempo de utilização da via. (BALBO, 2007)

Relacionada aos problemas estruturais dos pavimentos, a camada de base tem elevada importância na distribuição dos esforços e na drenagem da água (SUZUKI *et al.*, 2013). Logo, se faz necessário que todas as camadas do pavimento funcionem de maneira correta, inclusive as camadas inferiores, de base e de sub-base, objetos de estudo deste trabalho. Dentre os materiais utilizados na composição destas camadas destaca-se a Brita Graduada Simples (BGS), ensaiada com a adição da emulsão hidrosealed, utilizada na estabilização química de agregados.

MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados na composição da BGS são os seguintes: brita $\frac{3}{4}$ ", brita $\frac{3}{8}$ " e pó de pedra. A emulsão asfáltica utilizada nos ensaios, como estabilização química do agregado é o hidrosealed, que se apresenta como um líquido viscoso de cor marrom, conforme apresentado na Fig. 1.



Figura 1 - Hidrosealed

O hidroseal tem comportamento similar ao da emulsão RL-1C (emulsão de ruptura lenta, catiônica e menos viscosa), porém ele ainda não está normatizado, se encontrando em fase de testes.

O trabalho é considerado como sendo de método experimental. Para tanto, foram realizados ensaios de caracterização e resistência da mistura com e sem a adição da emulsão. Os ensaios realizados foram a Análise Granulométrica, seguindo a Norma DNER-ME 083/98, para definir a curva granulométrica dos agregados utilizados e assim o traço da BGS. Em seguida, fez-se o Ensaio de Compactação pelo método modificado de Proctor, de acordo com a Norma DNIT 164/2013, utilizando o traço da BGS previamente definido, tem-se portanto, de acordo com a massa específica de cada corpo de prova (CP), a curva de compactação, onde o ponto máximo da curva determina a umidade ótima do agregado e sua massa específica aparente de solo seco. Segundo a Norma DNIT 172/2016, ao terminar a compactação dos CP's, os mesmos podem ser utilizados para o ensaio de resistência Índice de Suporte Califórnia (ISC), onde cada CP é submetido à prensa Marshall.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Definição do traço da BGS

A partir dos resultados da granulometria da amostra, têm-se na Fig. 2 as curvas granulométricas dos materiais:

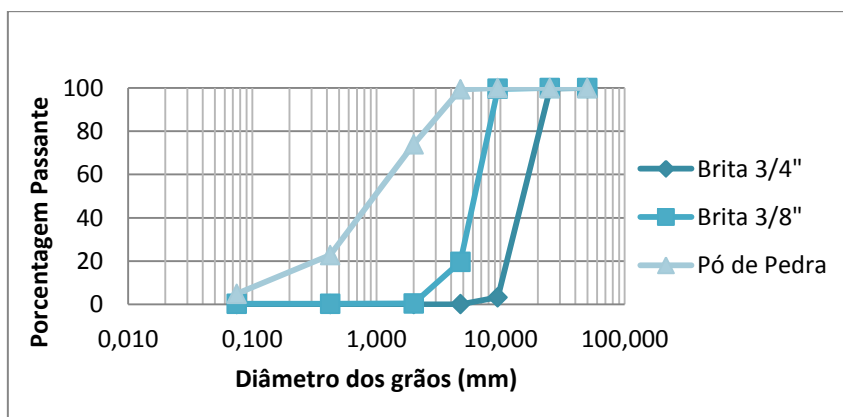


Figura 2 – Curva Granulométrica

Em relação às curvas granulométricas apresentadas, percebe-se que as britas 3/4" e 3/8" apresentam uma curva mais perpendicular indicando a pouca presença de material fino na composição individual. Ainda, no pó de pedra se observa uma curva mais equilibrada indicando uma granulometria melhor distribuída.

A definição do traço do material é possível ao caracterizar-se a mistura, de acordo com a sua granulometria, como ocorreu com a classificação do material na Faixa "A", de acordo com a Norma 141/2010- ES.

Ensaio de compactação

A partir do traço da BGS fez-se, com adição de porcentagens de água, a mistura e compactação do material a fim de, a partir da massa de cada CP, ser determinada a umidade ótima do agregado, de acordo com a norma DNER-ME 164/13, o resultado do ensaio é apresentado na Fig.3.

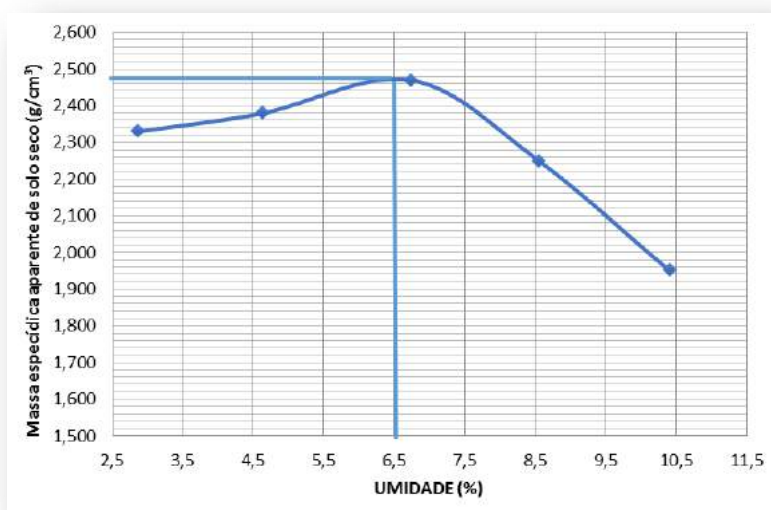


Figura 3 – Curva de compactação

A partir do ponto máximo do gráfico pode-se obter a massa específica aparente máxima e a umidade ótima, neste ensaio têm-se os valores de 2,478g/cm³ e de 6,5% respectivamente.

Ensaio ISC

Em relação à umidade ótima de 6,5%, foram moldados, 3 corpos de prova e submetidos a prensa Marshall, resultando nos valores da Tab. 1.

Corpo de Prova	ISC (%)
1	142,12
2	100,22
3	110,24
Média	117,53

Tabela 1 - ISC para CP's de BGS sem emulsão

Todos os CP's estão de acordo com a Norma DNIT 141/2010, em que bases estabilizadas granulometricamente devem apresentar ISC maior ou igual a 80%.

Ensaio de compactação BGS com emulsão

Para a determinação do teor ótimo de emulsão, fez-se a compactação de 5 corpos com teores diferentes de emulsão. A partir dos valores encontrados de massa específica de cada CP, é traçada a curva de compactação, apresentada na Fig. 4.

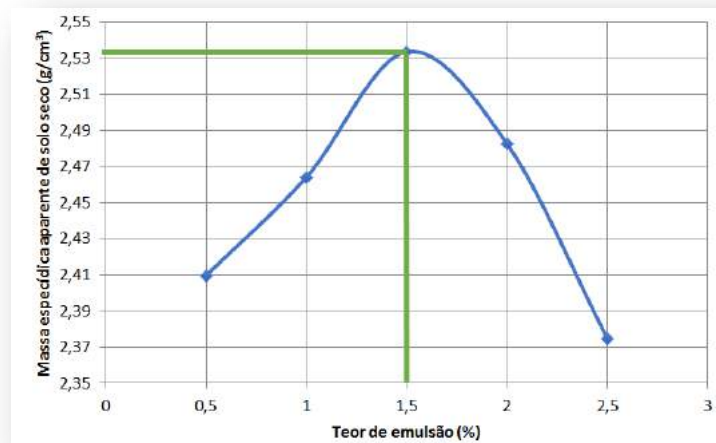


Figura 4 – Curva de Compactação da BGS com emulsão

Dessa forma, a massa específica aparente máxima e o teor de emulsão ótimo são 2,530 g/cm³ e 1,5%, respectivamente. Para os ensaios da BGS com a emulsão hidroseal, se utiliza além destes materiais citados, 5% de água na mistura, para assim chegar à umidade ótima do material granular que é de 6,5%.

Ensaio CBR com adição de emulsão

De acordo com o teor de emulsão ótimo encontrado de 1,5%, foram compactados 3 corpos de prova que curaram por 24 horas, o resultado deste ensaio está apresentado na Tab. 2.

Corpo de Prova	ISC (%)
1	91,11
2	66,51
3	81,08
Média	79,57

Tabela 2 - CBR para CP's de BGS com emulsão (cura de 24 horas)

Observando-se que o resultado da BGS com emulsão resultou em valor inferior ao ensaio da BGS sem o tratamento químico, foi realizado ainda, o ensaio CBR deixando os CP's curarem por 7 dias, resultados que estão apresentados na Tab.3.

Corpo de Prova	ISC (%)
4	77,44
5	92,02
6	71,06
Média	80,17

Tabela 3 - CBR para CP's de BGS com emulsão (cura de 7 dias)

Constatou-se, portanto, a diminuição do índice nos corpos de prova com a mistura de BGS e emulsão, pode-se relacionar este fato a grande dispersão que pode ocorrer em resultados de CBR (VIEIRA FILHO, 1993), além disso, podem haver ocorrido discrepâncias que comprometeram os resultados em relação ao profissional que realizou a compactação no ensaio de Proctor ou ainda pode haver ocorrido falha na calibração da prensa Marshall.

CONCLUSÕES

Visando proporcionar aos usuários das rodovias condições de tráfego confortáveis e seguras, a engenharia busca materiais que contribuam através de suas características, para a melhoria contínua dos pavimentos utilizados.

Em relação à BGS sem adição, concluiu-se que a mistura de referência deste trabalho atingiu CBR acima do especificado para tráfego pesado, que é de 80%. A faixa “A” adotada tem característica de ser uma composição mais estruturante o que pode ter condicionado ao excelente resultado obtido.

Com relação à BGS com adição de hidrosealed, observou-se que a resistência reduziu significativamente em relação a mistura de referência tendo-se obtido, em média, um CBR de 79,57% nas 24 horas e um CBR de 80,17% aos 7 (sete) dias. Estes resultados, embora satisfatórios parcialmente para tráfego pesado, evidenciaram que a adição de emulsão não promoveu melhora de suporte. Porém deve-se considerar que, em campo, os valores de CBR para camadas de base e de sub-base podem ter aumento de seu índice, à medida que estas camadas apresentam redução de umidade (BERNUCCI, 1995).

Vê-se ainda que em relação ao tempo de cura não houve grande aumento de resistência ao comparar os corpos de prova ensaiados após 24 horas de compactação e outros ensaiados após 7 dias, isso se deve ao fato de que a umidade de equilíbrio, definida por Medina (1997), como o valor médio de variação do teor de umidade do solo no subleito, após a acomodação das partículas do solo em serviço; é atingida após 7 horas de compactação, poderia se esperar um incremento de resistência atrelado ao aumento do tempo de cura se o solo em questão fosse argiloso e não pedregulhoso. (LUZ, 2003)

Conclui-se, portanto, a necessidade de ensaios complementares em relação à viabilidade da emulsão hidrosealed e a comparação com outras emulsões asfálticas, principalmente as de ruptura lenta, para assim, ter-se mais dados em relação ao comportamento da emulsão.

REFERÊNCIAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558 p.

BERNUCCI, Liedi Légi Bariani. **Considerações sobre o dimensionamento de pavimentos utilizando solos lateríticos para rodovias de baixo volume de tráfego**. 1995. 275 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1995. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-07042017-101955/en.php>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 083/98: Agregados - análise granulométrica**. Brasília, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 141/2010 - ES**. Pavimentação – Base Estabilizada Granulometricamente – Especificação de Serviço. Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 164/2013 - ME**: Solos- Compactação utilizando amostras não trabalhadas - Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 172/2016 - ME**: Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas - Método de Ensaio. Brasília, 2016.

LUZ, Marta Pereira da. **Análise dos resultados do ensaio CBR realizado em condições variadas de umidade pós-compactação**. 2003. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-13052016-160533/en.php>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

MEDINA, Jacques de. **Mecânica dos Pavimentos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1997.

SUZUKI, C. Y.; AZEVEDO, A. M.; KABBACH JÚNIOR, F. I. **Drenagem subsuperficial de pavimentos**: conceitos e dimensionamento. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

VIEIRA FILHO, José Orlando. **Avaliação estrutural e funcional de um pavimento rígido em via urbana do Recife**: estudo de correlações. 1993. 400 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1994.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS



COMPARAÇÃO ENTRE BARREIRAS VERTICAIS DE SOLO-BENTONITA E CIMENTO-BENTONITA

Aluno: Marina Sakrezewski

Orientador: Prof. MSc. Suelen Cristina Vanzetto

RESUMO

Este trabalho apresenta um dos métodos de aplicação da geotecnia ambiental em áreas contaminada, as barreiras verticais. Assim, mostrou-se os seus objetivos, classificação e o principal e mais usual método de construção, o *slurry wall*. Deu-se ênfase para os principais materiais utilizados para o método, são eles o solo-bentonita e cimento-bentonita. Para esses tipos de barreiras verticais apresentou-se as situações que levam à sua utilização, as formas de construção, bem como as mais importantes características se tratando das propriedades hidráulicas e mecânicas dessas misturas.

Palavras-chave: Barreiras verticais. *slurry wall*. solo-bentonita. solo-cimento.

1 INTRODUÇÃO

A Geotecnia Ambiental entendida como o ramo da Engenharia Geotécnica que trata da proteção ao meio ambiente contra impactos antrópicos (BOSCOV, 2008). Entre as aplicações da Geotecnia Ambiental, destaca-se neste trabalho as barreiras verticais. O objetivo da pesquisa é fazer um comparativo entre barreiras de solo-bentonita e cimento-bentonita, dando ênfase às propriedades hidráulicas e mecânicas das mesmas.

2 METODOLOGIA

Esse trabalho foi elaborado a partir de uma revisão da literatura, buscando-se artigos dos últimos 5 anos. Todavia, pela escassez de estudos atuais, foi utilizada a literatura com conceitos de autores renomados de períodos anteriores. As palavras-chaves utilizadas para a pesquisa foram “barreiras verticais” e “*slurry wall*”. Dessa forma, fez-se respectivamente a coleta de dados, a análise e a interpretação dos resultados obtidos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Nobre (2007), barreiras verticais têm sido reconhecidas mundialmente como um processo de remediação *in situ* eficiente no tratamento de contaminantes orgânicos e inorgânicos. As barreiras devem possuir permeabilidade inferior à do solo natural e devem ser compatíveis com os contaminantes.

As barreiras possuem o objetivo principal de evitar a contaminação do lençol freático ou de áreas específicas através de seu confinamento, de tal forma que impeça o contato com as plumas de contaminantes encontradas no solo. Essas plumas podem ser geradas de várias maneiras: vazamentos de tanques de combustível, rompimento de canos, despejos de produtos químicos inadequados, etc, (AZANBUJA, 2004).

Diversas metodologias de construção das intervenções acima descritas podem ser utilizadas. Para barreiras verticais de baixa permeabilidade, Azambuja (2004) define que uma das técnicas de construção muito difundida no mundo é o método de construção do tipo *slurry wall* ou parede-diafragma. Sendo ela caracterizada pela concretagem submersa de uma trincheira escavada, resultando em um muro vertical de baixa permeabilidade, de profundidade e espessuras variáveis. A escavação é realizada em uma suspensão de lama bentonítica ou polímeros e pode ser por *clamshell* ou ainda por retroescavadeiras, onde os limitantes são a profundidade de projeto e a litologia a ser perfurada.

A lama bentonítica é na grande maioria das vezes utilizada pois forma uma película de baixa condutividade hidráulica que promove a estabilização da trincheira escavada (Lemos, 2006). Assim, equilibrando a pressão exercida pelo solo e pela água nela presente, evitando que a escavação desmorone.

Conforme afirma Ambuja (2004), a condutividade hidráulica é a principal preocupação no projeto de barreiras de contenção, todavia, a seleção do material para a composição da barreira é muito importante, bem como o custo e os métodos construtivos utilizados.

Xanthakos (1979) classifica as barreiras de acordo com os seguintes critérios:

- De acordo com o material de preenchimento do trecho escavado, elas podem ser classificadas como solo-bentonita, cimento-bentonita e solo-cimento-bentonita;
- Dependendo da estratigrafia do subsolo, elas podem ser cravadas em um substrato ou suspensas;
- Dependendo das condições da morfologia e da estratigrafia do local, elas podem ter, ou não função estrutural;
- Dependendo das condições do local, elas podem estar, ou não, em um ambiente agressivo;
- Dependendo da geometria, elas podem ser abertas ou fechadas.

Existem ainda as barreiras verticais reativas, sendo que nessas a condutividade hidráulica deve ser alta ao ponto de permitir a passagem de água contaminada através da barreira. Sob condições ideais, a condutividade hidráulica dessas barreiras deverá ser igual à condutividade hidráulica do aquífero na região, tal que a migração do poluente procederá através da parede em resposta do gradiente hidráulico do aquífero (LEMOS, 2006). Segundo Gusmão (1999), as barreiras reativas também têm sido utilizadas em aquíferos contaminados com organoclorados alifáticos, conhecidos como solventes clorados.

Todavia, incertezas sobre a eficiência dos métodos devem ser consideradas em função da tipologia e concentração dos contaminantes e sua interação com as misturas a serem aplicadas. Ensaio de bancada são fundamentais para determinar os parâmetros do projeto, sugerindo-se determinação da permeabilidade; compatibilidade físico-química com os contaminantes; resistência à compressão simples; estimativa de durabilidade; e ensaios de lixiviação, entre outros, (BECHARA, 2011).

4 DISCUSSÃO

O material de preenchimento das barreiras é sempre uma mistura definida em projeto, nela a bentonita sempre será incluída. Segundo Xanthakos (1979), a bentonita pode desempenhar diferentes papéis, quando misturada com materiais distintos: em barreiras de solo-bentonita, ela contribui para uma granulação adequada do material, enquanto que nas barreiras de cimento-bentonita, ela suporta as partículas de cimento, evitando a segregação da lama.

3.1 Barreiras de solo-bentonita

As barreiras de solo-bentonita, foram inicialmente desenvolvidas nos anos 40 nos Estados Unidos (Koch, 2002). Ao passar do tempo, várias barreiras foram construídas para funcionamento temporário ou permanente para controle das infiltrações nas escavações e para evitar a infiltração de poluentes carregados por lençóis freáticos contaminados (Ryan e Day, 2002).

A slurry wall de solo-bentonita é construída pela escavação de um largo trecho, geralmente entre 60 a 120 cm, de materiais escaváveis até camadas de materiais impenetráveis. Se houver a presença de um gradiente ascendente, ou se o contaminante presente do subsolo tiver uma densidade menor que a água, não é preciso vincular a barreira dentro de uma camada impenetrável (Baxter, 2000).

A lama bentonítica quando lançada no trecho penetra nos vazios do solo adjacente por diferença de pressões. Nesse processo, grupos de partículas se acumulam dentro dos poros das partículas do solo adjacente formando uma camada fina na interface da lama bentonítica e o solo, chamada *filter cake*. Posteriormente, o *filter cake* é coberto por uma fina camada de bentonita, também chamada de filme protetor. Assim, a barreira torna-se impermeável e oferece completa resistência a penetração de líquidos. E a pressão lateral exercida pela lama bentonítica estabiliza as paredes de escavação, evitando seu colapso (Xhantakos, 1979).

3.1.1 Propriedades hidráulicas

A condutividade hidráulica de uma barreira de solo e bentonita é função do “*filter cake*”, camada que se forma na interface solo-barreira, e da condutividade hidráulica do material de preenchimento colocado na escavação. A contribuição de cada constituinte depende da condutividade hidráulica relativa de cada um dos materiais, sendo que a da barreira de solo-bentonita é controlada pelo material de preenchimento quando a condutividade hidráulica do mesmo é baixa e também pode ser controlado pelo *filter cake* se a condutividade hidráulica do material de preenchimento for alta (D’APPOLONIA, 1980).

Dessa forma, a granulometria do solo é um outro fator muito importante na condutividade hidráulica do material de preenchimento. Assim, quanto menor a condutividade hidráulica do solo, menor será da mistura de solo-bentonita. Solos com maior porcentagem de finos plásticos na sua granulometria terão valores menores de condutividade hidráulica se comparados aos materiais de maior diâmetro e não-plásticos, (Xanthakos, 1979; D’Appolonia, 1980).

3.1.2 Propriedades mecânicas

Na maioria dos projetos de barreiras, principalmente em aplicações com o objetivo de contenção de materiais contaminados, a compressibilidade e a resistência não são as principais considerações para a elaboração de um projeto. Porém, na construção de uma barragem sobre um *cutoff* (barreiras subterrâneas), sempre espera-se que a compressibilidade da barreira subterrânea seja condizente com a compatibilidade do solo ao seu redor, para diminuir ao máximo os possíveis recalques diferenciais da própria barreira e das estruturas próximas. Se as deformações de cisalhamento forem previstas em projeto, a barreira deve ser projetada para suportar os movimentos associados com o solo localizado em seu entorno, sem a ocorrência de fissuras ou desenvolvimento de planos de cisalhamento, os quais podem levar a um aumento na condutividade hidráulica da barreira. Contudo, nos procedimentos dos projetos atuais não são considerados o estado final de tensões da mistura de solo-bentonita nem a deformação do solo adjacente à barreira de SB (Baxter, 2000).

De acordo com D’Appolonia (1980), para se obter uma baixa condutividade hidráulica em barreiras de solo-bentonita é essencial a aplicação de uma grande quantidade de finos com características plásticas na sua granulometria, porém a inserção desse material irá gerar uma alta compressibilidade. Uma combinação ótima para se gerar um material de baixa condutividade hidráulica e compressibilidade consiste de uma matriz granular cujos vazios gerados serão preenchidos por solos de grãos finos e bentonita.

Além da compressibilidade, outro fator importante em relação às misturas de solo-bentonita é a sua consistência. Assim, para a obtenção de uma eficiente deposição da mistura para dentro do trecho de escavação, a consistência recomendada da lama de deve ter um slump entre 12-15 cm (Evans, 1991) ou entre 10-15 cm (D’Appolonia, 1980). Sendo que a medição do slump é feita com o mesmo aparato padrão utilizado para a medição do slump em concretos.

3.2 Barreiras cimento-bentonita

As barreiras de cimento-bentonita (CB) estão sendo largamente empregadas em problemas geotécnicos desde os anos 70 (barragem, *cutoff walls*). Atualmente, além das aplicações geotécnicas, essas barreiras estão começando a ser empregadas na área da Engenharia Ambiental, com o propósito de confinamento de depósitos antigos de contaminantes (Day, 1993).

Para Azambuja (2004), as barreiras de cimento-bentonita são mais vantajosas quando existe falta de materiais (solos) ou espaço insuficiente para a preparação do solo-bentonita, ou quando é exigida uma grande resistência das barreiras.

Existem dois tipos de lamas de cimento-bentonita: as lamas de CB as quais são utilizadas como lamas durante a escavação e depois permanecem dentro do trecho até o seu enrijecimento; e as lamas de CB as quais são usadas para substituir a lama bentonítica da escavação quando o trecho escavado estiver completo (Jefferis, 1981).

Em concordância com Millet & Perez (1981), o aumento da resistência ao cisalhamento do material de preenchimento faz com que a largura das barreiras de cimento-bentonita seja inferior em comparação às barreiras de solo-bentonita. A largura do trecho escavado varia entre 0,6 a 0,9 m. Tal largura é utilizada até uma profundidade de pelo menos 30 m de pressão hidrostática.

3.2.1 Propriedades hidráulicas

Os principais fatores que afetam a condutividade hidráulica das misturas de cimento-bentonita são o fator água-cimento, a relação bentonita-água e o procedimento mecânico de escavação utilizado para a conexão dos painéis de lama de cimento-bentonita fluida com os painéis dessa lama enrijecida. Cabe lembrar que a lama de cimento-bentonita utilizada para a estabilização das paredes da escavação, permanece dentro do trecho até o seu enrijecimento formando o material final da barreira de cimento-bentonita, (Millet e Perez, 1981).

3.2.2 Propriedades mecânicas

Segundo Azambuja (2004), a barreira é normalmente projetada para atingir uma resistência equivalente à do solo que fica ao seu redor. Assim, na maioria dos casos as barreiras de cimento-bentonita não têm a finalidade principal de suportar momentos fletores ou resistência ao cisalhamento significativos.

Tratando-se de resistência, o fator água-cimento bem como o período de cura, têm efeito nas barreiras de cimento-bentonita. Quanto menor for o fator água-cimento nessas misturas, maior será a resistência ao cisalhamento alcançada (Schweitzer, 1989).

Segundo Millet & Perez (1981), quanto maior for a resistência, ou quanto menor for o fator água-cimento, maior será a rigidez e, portanto, menos deformável é a mistura de cimento-bentonita. Ao passo que, quanto maior for a relação de bentonita-água, maior será a flexibilidade e, portanto, mais deformável será a mistura da barreira.

5 CONCLUSÃO

As barreiras tem como principal objetivo evitar a contaminação do lençol freático ou de áreas específicas através de seu confinamento, impedindo o contato com as plumas de contaminantes. Sendo que uma das técnicas de construção mais usuais no mundo é a do tipo *slurry wall*, e a condutividade hidráulica é a principal preocupação no projeto de barreiras de contenção. A bentonita como material de preenchimento, em barreiras de solo-bentonita, contribui para uma granulação adequada do material, enquanto que nas barreiras de cimento-bentonita, suporta as partículas de cimento, evitando a segregação da lama.

A *slurry wall* de solo-betonita é construída pela escavação de um largo trecho, geralmente entre 60 a 120 cm, de materiais escaváveis até camadas de materiais impenetráveis. Todavia, o aumento da resistência ao cisalhamento do material de preenchimento faz com que a largura das barreiras de cimento-bentonita seja inferior em comparação às barreiras de solo-bentonita, variando de 0,6 a 0,9

m. Assim, as barreiras de cimento-bentonita são mais vantajosas quando existe falta de materiais (solos) ou espaço insuficiente para a preparação do solo-bentonita, ou quando é exigida uma grande resistência das barreiras.

A condutividade hidráulica de uma barreira de solo e bentonita é função do “*filter cake*”, bem como a granulometria do. Assim, quanto menor a condutividade hidráulica do solo, menor será a da mistura de solo-bentonita. Já os principais fatores que afetam a condutividade hidráulica das misturas de cimento-bentonita são o fator água-cimento, a relação bentonita-água e o procedimento mecânico de escavação utilizado.

Para as barreiras de solo-bentonita espera-se que a compressibilidade da barreira subterrânea seja condizente com a do solo ao seu redor, para diminuir ao máximo os possíveis recalques diferenciais da barreira e das estruturas próximas, assim é necessária uma matriz granular cujos vazios gerados serão preenchidos por solos de grãos finos e bentonita. Já as barreiras de cimento-bentonita são projetadas para atingir uma resistência equivalente à do solo ao seu redor. Tratando-se de resistência, o fator água-cimento, bem como o período de cura, têm efeito nas barreiras de cimento-bentonita, quanto menor o fator água-cimento, maior será a resistência ao cisalhamento alcançada

REFERÊNCIAS

AZAMBUJA, Rafael M. B. **Comportamento mecânico e hidráulico de misturas de solo-cimento-bentonita para a aplicação em barreiras verticais de contenção de contaminantes**. Porte Alegre, 2004. Dissertação apresentada ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BAXTER, D.Y (2000). **Mechanical behavior of soil-bentonite cutoff walls**. 2000. 369p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University.

BECHARA, Guilherme C. **Aplicação de métodos geotécnicos para recuperação de áreas contaminadas**. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. São Paulo, 2011.

BOSCOV, M. E. G.. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

D’APPOLONIA, D.J Soil-Bentonite Slurry Trench Cutoff. **Journal of the Geotechnical Engineering Division**, New York, v.107, n 4, p.393-409, 1980.

DAY, S. R. The compatibility of slurry wall materials with contaminated groundwater. In: D.E. DANIEL; S.J. TRAUTWEIN. **Hydraulic Conductivity and Waste Contaminate Transport in Soils, ASTM STP 1142**. Philadelphia: ASTM, 1993, p.284-300.

EVANS, J. C. Geotechnics of hazardous waste control systems. In: H. Y. FANG. **Foundation Engineering Handbook**. New York: Von Nostrand Reinhold, 1991. p. 765-777.

GUSMÃO, A.D. **Uso de Barreiras Reativas na Remediação de Aquíferos Contaminados**. Rio de Janeiro, 1999, 251p. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil - PUCRio.

JEFFERIS, S.A. Bentonite-cement slurries for hydraulic cut-offs. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 1981, Stockholm. **Proceedings**...Rotterdam: A.A. Balkema, v.1, p. 435-440.

KOCH, D. **Bentonites as a basic material for technical base liners and site encapsulation cut-off walls**. Applied Clay Science, v.21, Issues 1-2, p.1-11, 2002.

LE MOS, R. G. **Estudo do comportamento hidráulico, mecânico e químico de barreiras**

hidráulicas verticais, composto por solo residual, bentonita e cimento sob a ação de substâncias agressivas. Porto Alegre, 2006. Tese – Programa de Pós-graduação em Engenharia da UFRGS.

MILLET, R. A.; PEREZ, J. Y.; DAVIDSON, R. R. USA practice slurry wall specifications 10 years later. In: D. B. PAUL; R. R. DAVIDSON; N. J. CAVALLI. **Slurry Walls: Design, Construction and Quality Control, ASTM STP 1129**. Philadelphia: ASTM, 1992, p.42-67.

NOBRE, M.M.M., Nobre, R.C.M., Galvão, A.S.S. e Pereira, P.A.. **Desempenho de uma Barreira Reativa Permeável Após 5 Anos de Vida Útil.** Anais do VII Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental – REGeo. Belo Horizonte, 2011.

RYAN, C.R.; DAY, S.R. Soil-Cement-Bentonite Slurry Walls. In: M. W. O'NEILL; F. C. TOWNSEND. **Deep Foundations 2002: An International Perspective on Theory, Design, Construction, and Performance (Geotechnical Special Publication No. 116)**. New York: ASCE, 2002, p.713-727.

SCHWEITZER, F. Strength and permeability of single-phase diaphragm walls. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 12. , 1989, Rio de Janeiro. **Proceedings...**Rotterdam: A.A. Balkema, v.3, p. 1515-1518.

XANTHAKOS, P. P. (1979). **Slurry Walls**. New York: McGraw Hill, 1979. 622p.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE FUNDAÇÕES COM ESTACA ESCAVADA DIRETAMENTE SOB PILAR EM COMPARAÇÃO COM SAPATA ISOLADA UTILIZADAS NO MUNICÍPIO DE ERECHIM



Aluno: Marina Sakrezewski
Orientador: Prof. Esp. Marcos Paulo Cielo

INTRODUÇÃO

No município de Erechim/RS muitas edificações estão sendo feitas com uso de estacas escavadas que ficam diretamente sob os pilares, substituindo as sapatas isoladas. O objetivo do estudo é analisar a viabilidade desta substituição, comparando aspectos econômicos, estruturais e o tempo de execução. Já que a perda do prazo definido no início da obra compromete tanto a qualidade do empreendimento, quanto a viabilidade econômica, além de trazer prejuízos às partes envolvidas. Com isso, as construtoras buscam cada vez mais manter a qualidade, reduzindo custos e prazos pré-estabelecidos, sem comprometer a segurança estrutural das edificações (PALHOTA, 2016).

MATERIAL E MÉTODOS

Para os comparativos desejados na pesquisa, em relação a análise estrutural, econômica e tempo de execução, um prédio foi calculado duas vezes no software Eberick, numa delas utilizando sapatas e na outra usando estacas, além disso, nesse programa foram configuradas as informações sobre o solo, já que um estudo experimental no município foi utilizado para a obtenção do ângulo de atrito, coesão e peso específico do mesmo. Apresentou-se ainda, em relação ao software, as formas de lançamento de ambas as fundações, sendo que para a dispensa do uso dos blocos de coroamento nas fundações profundas, as mesmas foram lançadas como tubulões com a armadura do pilar inserida, e a ligação com os demais elementos sendo realizada pelas esperas deixadas na parte superior das estacas. Gerado o cálculo e o detalhamento das fundações, os quantitativos para cada elemento foram levantados, levando em conta os serviços necessários na execução. Além disso, o acompanhamento de obras que possuíam sapatas e estacas, possibilitou a determinação de índices de produtividade em função das quantidades, assim os quantitativos levantados foram multiplicados por tais índices, resultando no prazo necessário para a execução das fundações. Pelos índices do SINAPI, os custos foram atribuídos às quantidades levantadas, feito separadamente para cada serviço necessário às fundações.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o cálculo das sapatas torna-se necessário alterar no software Eberick as configurações do solo, conforme os parâmetros apresentados no estudo de Serraglio (2017). A Fig. 1 apresenta os dados lançados no programa na janela Dimensionamento - Sapatas, sendo que as demais configurações estão conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014).

Dimensionamento [Sapatas]

Pilares Vigas Lajes Sapatas Blocos Muros

Dimensões

Altura da sapata constante se $h_1 < que$ 30 cm

Dimensões múltiplas de 5 cm

Agrupar com diferença de lados < que 5 cm

Lado maior inferior a 300 cm

Influência do fator de forma 1

Valores mínimos

Altura maior (H1) 30 cm

Altura menor (H0) 30 cm

Balanco mínimo 20 cm

☐ Altura útil maior que a espera do pilar

Solo

Tipo do solo coesivo

Pressão admissível 300 kN/m²

Coesão 22.5 kN/m²

Peso específico 15.49 kN/m³

Ângulo de atrito 30

Redutor do atrito 0.67

Majoração de pressão para cargas excêntricas 1

Momento mínimo para considerar flexão 0.5 kN.m

Armadura... Coeficientes...

Fig. 1 - Configurações dimensionamento das sapatas

A Figura 2 mostra a edificação em 3D gerada pelo software, utilizando sapatas como fundação:

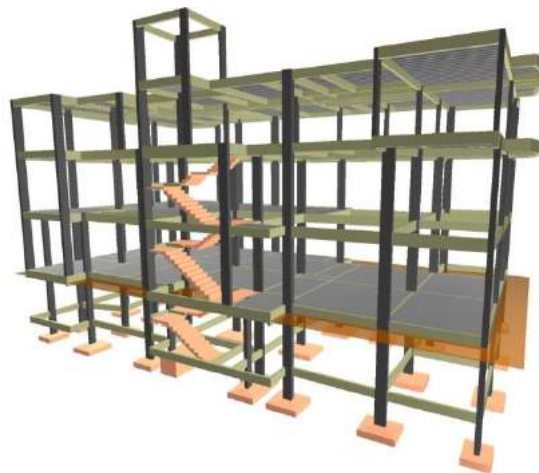


Fig. 2- Edificação 3D com sapatas

O dimensionamento das estacas foi feito lançando-se as mesmas como tubulões sem base alargada. No software utilizado é possível dimensionar os tubulões sem blocos de coroamento, uma vez que o detalhamento conforme a Fig. 3, apresenta a armadura do pilar inserida na estaca. Assim, a união entre os elementos de fundação é feita pelas esperas deixadas na parte superior das estacas, ligadas diretamente com as vigas baldrame.

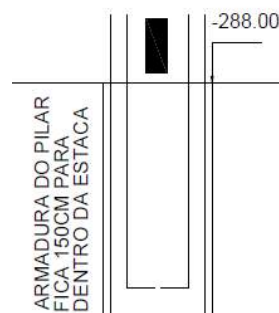


Fig. 3 - Inserção da armadura do pilar na estaca

A Fig. 4, mostra as configurações feitas no Eberick na janela Dimensionamento - Tubulões.

Fig. 4 - Configurações dimensionamento das estacas

A Fig. 5 apresenta a edificação em 3D gerada pelo software, utilizando estacas como solução de fundação:

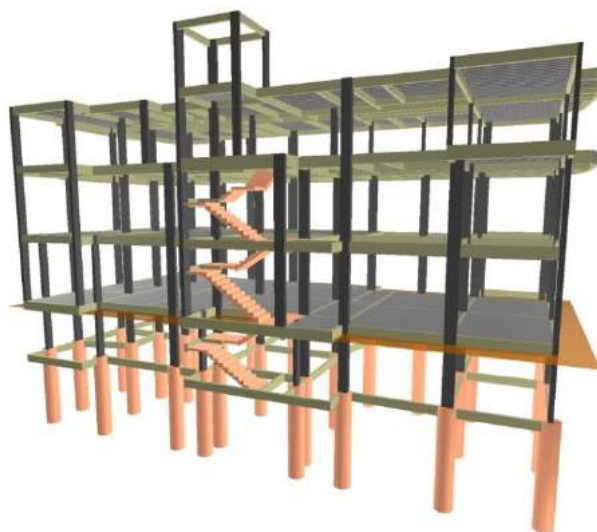


Fig. 5 - Edificação 3D com estacas

De acordo com os dados obtidos por meio do acompanhamento das obras, os índices de produtividades desenvolvidos para a execução das estacas e das sapatas estão apresentados na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente:

Atividade	Equipamentos	Mão-de-obra	Índice de produtividade
Perfuração	Perfuratriz + caminhão	2 pessoas	5,30 min/m ³
Armação	-	4 pessoas	0,70 min/kg
Posicionamento da armadura	PC138US	2 pessoas	0,04 min/kg
Concretagem	Caminhão betoneira	-	1,18 min/m ³

Tabela 1 – Índices de produtividade para estaca

Atividade	Equipamentos	Mão-de-obra	Índice de produtividade
Escavação	PC138US	-	4,50 min/m ³
Preparação da vala	-	2 pessoas	8,26 min/m ²
Construção e posicionamento de forma	-	2 pessoas	4,05 min/m ²
Armação e posicionamento da armadura	-	3 pessoas	1,69 min/kg
Concretagem	Caminhão betoneira	1 pessoa	11,56 min/m ³
Reaterro	PC138US	-	1,87 min/m ³

Tabela 2 – Índices de produtividade para sapata

A análise estrutural estática linear levou em conta os deslocamentos horizontais para ambas as fundações, bem como a comparação entre os coeficientes gama-z. Os gráficos das Fig. 6 fazem estes comparativos:

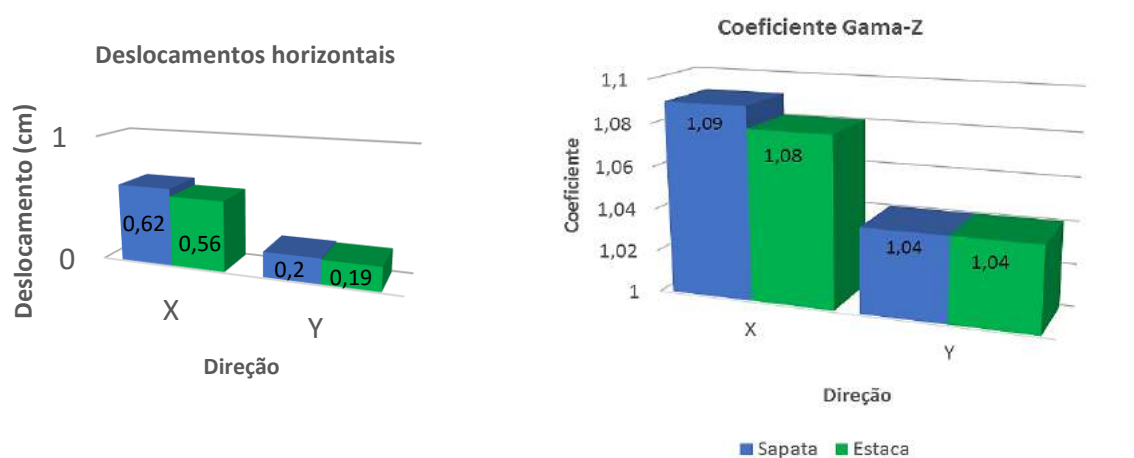


Fig. 6 – Gráficos de deslocamentos horizontais e coeficientes gama-z para sapatas e estacas

Pela análise do gráfico de deslocamentos horizontais percebe-se que as fundações com sapatas apresentam valores maiores destes índices, tanto na direção X, quanto na direção Y. Para uma estrutura, quanto menores os valores dos deslocamentos horizontais menores são as chances de ocorrência de manifestações patológicas, a estrutura dimensionada com estacas torna-se mais vantajosa neste quesito. Em relação ao coeficiente gama-z, a estrutura com sapatas manifesta maior valor na direção X, comparando-se à edificação com estacas. Como tal coeficiente classifica a estrutura quanto a deslocabilidade dos nós, a solução com fundações em estacas também mostra-se favorável neste quesito, denotando uma estrutura mais estável e segura.

Os tempos de execução de cada serviço para as fundações apresentam-se no gráfico da Fig. 7:

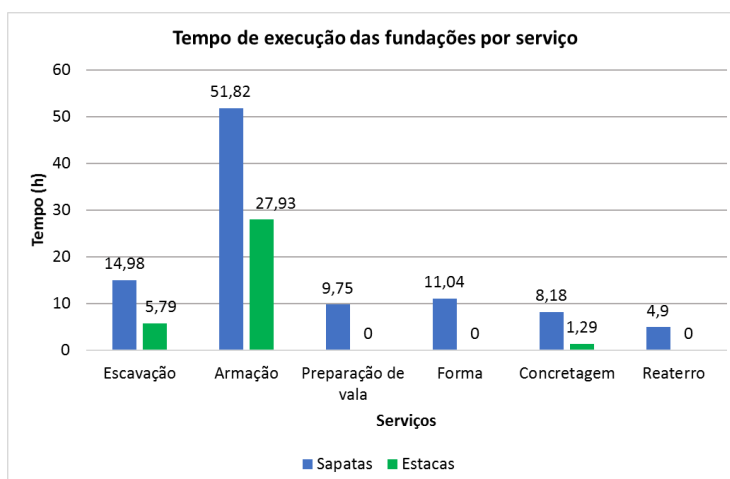


Fig. 7 – Tempo de execução das fundações por serviço

A Fig. 8 mostra a diferença do tempo final para a execução dos dois tipos de fundações, sendo tal tempo apresentado em dias com 8 horas trabalhadas diariamente.

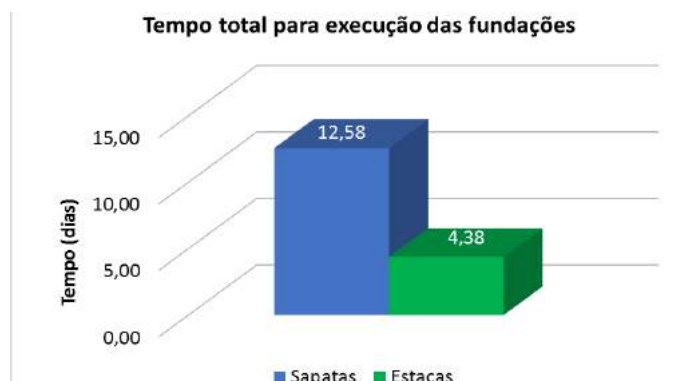


Fig. 8 – Tempo total para execução das fundações

Analizando o gráfico da Fig. 8 percebe-se a diferença na quantidade de dias necessário para as sapatas comparando-se às estacas, são 65,18% a mais de tempo gasto para as fundações superficiais, ou seja, mais de uma semana de trabalho.

A Fig. 9 apresenta a síntese dos custos por serviço executado, comparando as sapatas e as estacas, nota-se que a maior diferença de custos está no item forma, o qual refere-se a montagem e fabricação das mesmas, já que para execução das estacas elas não são necessárias. No quesito concretagem as estacas apresentam custos mais elevados (32,45%), tendo em vista o maior volume de concreto necessário para o preenchimento das perfurações.

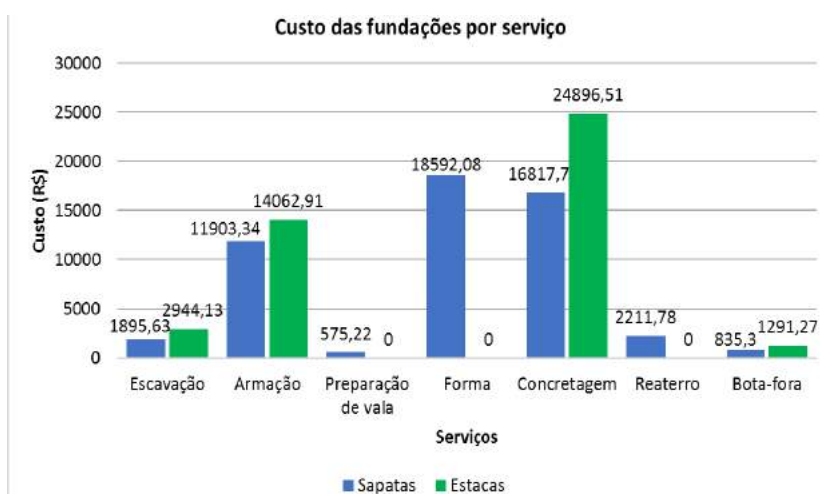


Fig. 9 – Custos das fundações por serviço

A Fig. 10 faz a comparação do custo final para os dois tipos de fundações:



Fig. 10 – Custo final das fundações

O custo final de execução das sapatas é 18,23% mais alto em comparação a execução das estacas, isto se deve pelos altos custos dos serviços que são essenciais às sapatas, porém não necessários às estacas, como a preparação da vala, execução das formas e o reaterro.

CONCLUSÕES

Através da análise estática linear a fundação com estacas mostrou-se mais vantajosa, pois apresentou valores menores para ambos os parâmetros. Enquanto a estrutura com sapatas mostrou deslocamentos horizontais de 0,62 cm e 0,20 cm, em X e Y, respectivamente, a edificação com estacas apresentou os números de 0,56 cm e 0,19 cm. Já para os coeficientes gama-z a estrutura com sapatas teve valor maior apenas da direção X, sendo 1,09, para as estacas este coeficiente foi de 1,08, assim essa diferença influencia na deslocabilidade dos nós da estrutura, sendo mais deslocável para a edificação com sapatas.

O comparativo do uso do tempo retratou a maior necessidade de prazo para a execução de todos os serviços das sapatas em relação às estacas. Tal diferença foi majorada pela necessidade de algumas atividades para as sapatas, que são dispensáveis às estacas, totalizando 65,18% a mais de tempo de execução para as fundações superficiais em comparação com as fundações profundas.

Com relação aos custos das fundações, comparando os resultados obtidos notou-se a presença de valores maiores para os serviços das estacas, quando os mesmos são necessários às sapatas. Porém, o custo final das fundações mostra-se 18,23% mais elevado para a execução das sapatas, visto que os serviços indispensáveis às fundações superficiais e não necessários às fundações profundas possuem valores elevados, gerando a disparidade no custo final.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - procedimento**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2014.

PALHOTA, Thais da Fonseca. **Gestão de prazos em obras de edificações considerando os paradigmas atuais da construção civil**. Rio de Janeiro, 2017, 113f. Projeto de Graduação curso de Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SERRAGLIO, Taciano R. **Determinação de parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo de Erechim/RS a partir do ensaio de cisalhamento direto e avaliação da resistência através da teoria de Terzaghi**. Erechim/RS, 2017, 69f. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil – Campus de Erechim, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E
PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE TÉCNICO ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO
DE SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
ATRAVÉS DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM EDIFICAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE ERECHIM - RS****Aluno: Mateus Bernardon****Orientador: MSc. Adilson Luis Stankiewicz****Coorientadores: André Luis Krube Aquino e Cezar Fabian****INTRODUÇÃO**

Devido às condições hidrológicas desfavoráveis, existe a necessidade e também um grande potencial, da inserção de novas fontes de energia renováveis para diversificar a forma de obtenção da mesma. O Brasil tem cerca de 60% de sua produção de energia elétrica gerada através da água, pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), outros recursos em abundância estão sendo explorados, tendo destaque a energia solar por meio de placas fotovoltaicas.

O sistema com placas fotovoltaicas tem apresentado um grande aumento na sua utilização devido ao rápido retorno do seu investimento inicial se comparado a outras formas de obtenção de energia, ainda aproveitando o grande potencial energético solar do Brasil. Estudos e indicadores nessa área devem ser mais discutidos e desenvolvidos, principalmente em edificações, com o foco na análise econômica e ambiental.

A maior parte das edificações localizadas na cidade de Erechim e do norte do Rio Grande do Sul não possuem geração de energia alternativa. Neste estudo foi realizado um projeto de implantação de um sistema para geração energética através de placas fotovoltaicas, analisando os fatores técnicos e financeiros. O sistema será implantado em uma edificação já construída, sem planejamento para a utilização da tecnologia.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado obtendo os dados técnicos da edificação, com isso planejou-se um sistema de painéis fotovoltaicos. O painel solar bem como todos os itens do sistema foram previamente escolhidos com a ajuda de empresa Fotovoltaica Instalações Erechim LTDA e pela análise técnica do sistema.

Composto por uma edificação comercial e residencial situada na Avenida Uruguai, na cidade de Erechim, Rio Grande do Sul. A cidade está localizada na região Sul do estado, com coordenadas geográficas 52°16'26" W, numa altitude de 783 metros, com área de 763,2 [Km²] e população de 102.906 habitantes conforme dados do IBGE (2017). O clima é caracterizado conforme o CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) como subtropical úmido, com chuvas regulares durante todo ano e temperatura média anual de 18,5 °C, os meses mais quentes, janeiro e fevereiro, e os meses mais frios, junho e julho.

O Edifício Vó Aurora é composto por uma sala comercial de dois pavimentos, e 16 apartamentos distribuídos em quatro pavimentos, sendo quatro apartamentos por pavimento, com as garagens no subsolo da edificação.

Os sistemas de geração de energia por painéis fotovoltaicos têm seu rendimento atribuído a quantidade de radiação solar que incide sobre eles. Por isso as instalações dos módulos fotovoltaicos geralmente são realizadas nas coberturas das edificações, por se tratar do local com maior aproveitamento solar, tornando-se mais eficientes. Outro ponto a ser analisado é procurar o local que permitirá maior tempo de insolação durante o dia, e menor custo para instalação. Na edificação em estudo, a área adequada para receber a instalação dos módulos fotovoltaicos foi a área de cobertura, representando 34,37% da área do terreno, o sistema não utiliza o total da área, respeitando as distâncias da platibandas e cumeeira.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o estudo de sombreamento, realizou-se a distribuição dos painéis de maneira a obter o máximo de geração solar, foram realizadas as modificações devido aos fatores de sombreamento, totalizando um sistema de geração de 93 placas fotovoltaicas, distribuídos conforme Fig. 1.



Figura 1 – Distribuição dos painéis

Após o dimensionamento do sistema de geração de energia por painéis fotovoltaicos, obteve-se um sistema de geração energética com capacidade de produção de 3.820,80 [kW/ mês].

Como a edificação do referente trabalho se trata de uma obra nova, não há histórico de consumo de energia elétrica, assim, foi feita uma quantificação de consumo através da carga instalada. Sendo que para a área de serviço e sala comercial, foi estimado um consumo mensal considerando a pior situação, onde todos os equipamentos estivessem ligados ao mesmo tempo, e por longo período do dia.

A Tab. 1 demonstra o consumo mensal das 16 unidades consumidoras, bem como a área de serviço e sala comercial, totalizando um consumo anual de 60.000 [kWh]

Ambiente	Quant.	Consumo mensal [kWh]	Consumo em 12 meses [kWh]
Apartamentos	16	4368	52416
Área de serviço	1	400	4800
Sala Comercial	1	300	3600
TOTAL		5068	60816

Tabela 1 – Consumo anual

Para quantificar o gasto energético foram adotados os valores de tarifa da concessionária responsável pelo serviço de distribuição de energia elétrica do estado do Rio Grande do Sul, a Rio Grande Energia (RGE). A Tab. 2 demonstra o gasto com energia elétrica da edificação considerando o consumo já demonstrado anteriormente na Tab. 1, obtendo um gasto anual em torno de R\$ 49.120,00.

Ambiente	Quant.	Consumo mensal [kWh]	Tarifa da concess. por [R\$/kWh]	Valor sem tributos	Aliq. ICMS 30%	PIS 1,59%	COFINS 7,34%	Valor total mensal [R\$]	Valor total anual [R\$]
Apartamentos	16	273	0,8077	R\$ 220,49	R\$ 66,15	R\$ 3,51	R\$ 16,18	R\$ 3.527,89	R\$ 42.334,66
Área de serviço	1	400	0,8077	R\$ 323,07	R\$ 96,92	R\$ 5,14	R\$ 23,71	R\$ 323,07	R\$ 3.876,80
Sala Comercial	1	300	0,8077	R\$ 242,30	R\$ 72,69	R\$ 3,85	R\$ 17,78	R\$ 242,30	R\$ 2.907,60
Total								R\$ 4.093,25	R\$ 49.119,06

Tabela 2 – Gasto anual

A estimativa de produção média mensal e anual foram realizadas pela empresa SFV Energia Fotovoltaica utilizando como base de referência o SUNNY PORTAL, que através do datalog do inversor analisa os dados de produção do sistema. As placas fotovoltaicas sofrem variação de produção energética conforme o mês do ano. Essa estimativa não leva em consideração reduções da eficiência do sistema ocasionada por sombreamento das placas. A Fig. 2 demonstra o consumo médio em comparação à energia produzida.

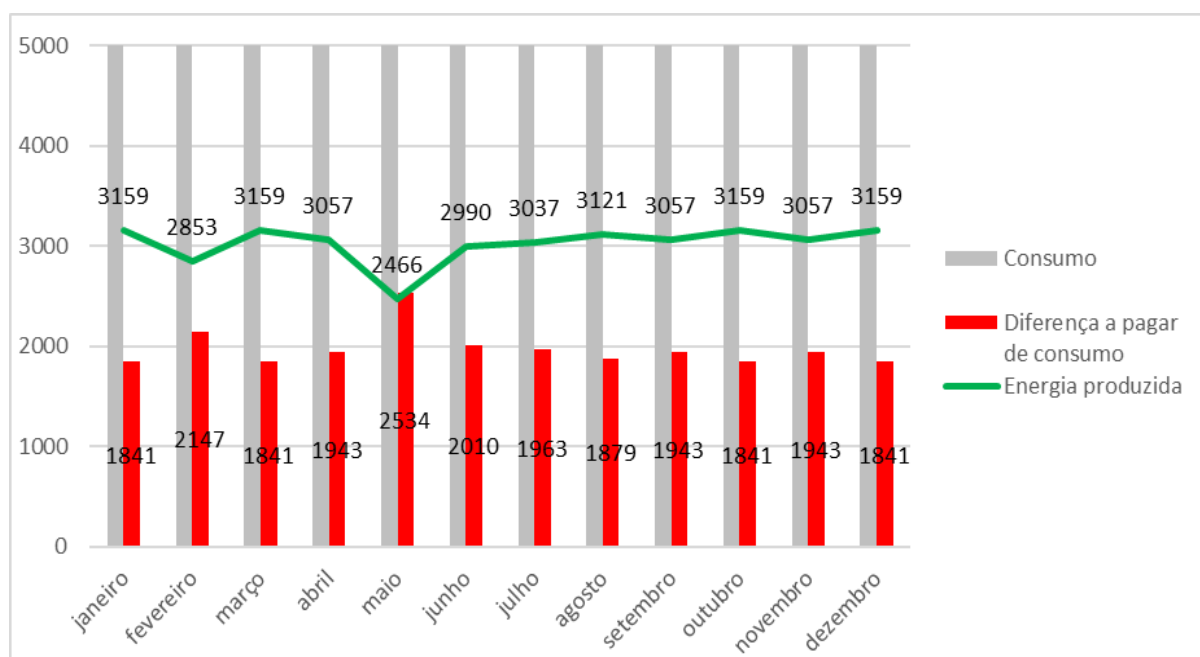


Figura 2 – Comparação entre consumo médio e energia produzida

Conforme a empresa SFV Energia Fotovoltaica, a estimativa de custo total do sistema foi de R\$ 122.800,00, sendo considerado o valor de R\$ 87.697,00 para o kit fotovoltaico, e R\$35.103,00 para todo o projeto e execução da instalação do mesmo.

Conforme acordo de isenção tarifária, sistemas de produção de energia limpa, não pagam as tarifas de ICMS, PIS e COFINS, é pago somente as tarifas de TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição), sendo 0,408 [R\$/Kwh] e metade da tarifa destinada a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), 0,202 [R\$/Kwh], totalizando 0,61 [R\$/Kwh] de tarifas. A Tab. 3 apresenta a economia gerada em um ano, sendo de R\$ 22.199,69.

Média da energia produzida [Kwh/mês]	Tarifa TUSD [R\$/Kwh]	TE - Tarifa de Energia [R\$/Kwh]	Ecônomia mês [R\$]	Ecônomia anual [R\$]
3023	0,41	0,202	R\$ 1.849,97	R\$ 22.199,69

Tabela 3 – Retorno de investimento anual

Sendo o custo total do sistema de R\$ 122.800,98 e a economia gerada anualmente demonstrada na Tab. 3 é de R\$ 22.199,69, logo temos o Payback de 6 anos, sendo esses valores considerando uma economia estagnada, sem reajuste tarifários e sem considerar os valores de juros caso o sistema seja financiado.

CONCLUSÕES

Após este estudo pode-se afirmar que a edificação mesmo não sendo planejada para receber a tecnologia, adaptou-se perfeitamente ao sistema, disponibilizando de uma área suficiente para a instalação de um sistema fotovoltaico de geração de energia, tendo quase nulo o efeito de sombreamento.

Analisando a viabilidade técnica e econômica de implantação do sistema de geração de energia através de painéis fotovoltaicos, observou-se que a instalação de 93 painéis com capacidade de geração de 330 [Wp] resulta em uma produção média de 30,69 [Kwp], sendo capaz de gerar uma média de 36.264 [kWh] ao ano.

Comparando com os dados energéticos de consumo médio anual de 60.000 [kWh], o sistema desenvolvido poderia suprir 60,44% do total de consumo energético da edificação. Indicando que o custo total com energia elétrica da edificação seria reduzido de R\$ 49.119,06 para R\$ 26.920,00.

A empresa SFV Energia Fotovoltaicos, localizada na cidade de Erechim, estimou um custo total de R\$ 122.800,98 para a execução do sistema, valor consideravelmente alto se analisarmos investimentos energéticos somente residências. Porém, o tempo de retorno ou *payback* já considerando perdas de eficiências na geração, foi de 6 anos, ou seja, uma média de R\$ 22.302,36 de retorno anualmente. Analisando essa economia anual, ao final de 25 anos a edificação deixaria de gastar com energia elétrica o valor de R\$ 434.896,02.

Conclui-se, portanto, que a instalação de um sistema gerador de energia fotovoltaico no edifício Vó Aurora é viável economicamente e acarreta uma redução grande de consumo energético da concessionária, levando em consideração o tamanho da edificação e seu consumo de energia elétrica

REFERÊNCIAS

ANNEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Desafios da Geração de Energia Elétrica no Brasil**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/eventos/seminario-desafios-da-geracao-de-energia-eletrica-no-brasil>. Acessado em 03 de abril de 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acessado em 11 de abril de 2018.

Rio Grande Energia. Tarifas da concessionária. Disponível em: <https://www.rge-rs.com.br>. Acessado em 10 de abril de 2018.

SFV ENGENHARIA – Solar Fotovoltaica Engenharia. Disponível em: <http://www.sfvenergia.com.br/> Acessado em 16/06/2018.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

ESTUDO DO USO DE AREIA DE BRITAGEM EM SUBSTITUIÇÃO À AREIA NATURAL NA COMPOSIÇÃO DO CONCRETO PARA FABRICAÇÃO DE PAVERS



Aluno: Natália Smaniotto Bach e Gabriel Dalla Vechia
Orientador: Prof^a. Msc. Suelen Vanzetto

INTRODUÇÃO

A exploração não controlada associada a grande demanda por insumos naturais, vem ocasionando o esgotamento de grandes depósitos de um dos recursos mais utilizados: a areia natural. Por este motivo, os órgãos ambientais estão restringindo cada vez mais a extração deste recurso em leitos de rios, uma vez que estas atividades extrativistas provocam a retirada da cobertura vegetal e degradam às margens dos cursos d'água, áreas essas conhecidas como áreas de preservação permanentes (SILVA; DEMETRIO, 2015).

A escassez da areia natural tem refletido no custo de transporte do material, devido à necessidade de extração em áreas distantes dos locais de consumo, elevando consequentemente o custo do metro cúbico de concreto, seja ele usinado ou fabricado na obra (SILVA et al., 2014).

A areia de britagem vem se apresentando há anos como uma alternativa ao emprego de adições minerais de resíduos aproveitados de processos de britagem na produção de concreto. Estes resíduos têm a função de substituir total ou parcialmente o volume de agregados miúdos a fim de se reduzir o impacto ambiental e ainda possibilitam obter misturas de concretos com mesmas características da areia natural (KITAMURA, 2011).

Neste contexto, percebeu-se a oportunidade de unir a utilização da areia de britagem a uma técnica construtiva que vem sendo largamente utilizada em parques, praças, calçadas e ruas: o pavimento intertravado. A inexistência de limites quanto à capacidade de suporte do pavimento, aliada a inúmeras opções de formato, cores e tamanhos permitem infindáveis possibilidades estéticas, podendo apresentar vida útil de pelo menos 25 anos (FIORITI, 2007).

Nesse sentido, a incorporação da areia de britagem na produção de pavers, pode ser válida, em função da necessidade de se obter agregados alternativos baratos e que ainda reduzam os danos gerados ao meio ambiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados foram caracterizados de acordo com as respectivas normas técnicas vigentes. O aglomerante utilizado foi o Cimento Portland CP V-ARI, necessário para obter a resistência mínima de 35 Mpa na elaboração dos pavers conforme NBR 9781 (2013). O agregado graúdo utilizado foi a brita 0 ou popularmente conhecida como pedrisco, com módulo de finura de 5,75 e diâmetro máximo de 9,50 mm.

A areia natural e de britagem, estão situadas dentro da zona ótima definida na NBR 7211(2009) e apresentaram módulo de finura de 2,40 e 2,75 respectivamente, com mesmo diâmetro

máximo. O índice de absorção de água para areia natural foi de 0,60% e 4,28% para a areia de britagem devido à presença de material pulverulento, característico deste tipo de areia.

O aditivo utilizado foi o superplastificante recomendado para fabricação de todo tipo de concreto, sendo compatível com todos os tipos de cimento Portland.

Após o conhecimento das propriedades dos materiais definiu-se o traço, baseado na bibliografia já existente, e os percentuais de areia de britagem em 0%, 25% e 50%. Em seguida, realizou-se o ensaio de resistência à compressão uniaxial aos 7 e 28 dias.

Para o desenvolvimento do programa experimental e produção do concreto de consistência seca utilizou-se uma vibroprensa manual, de modo que a mistura dos materiais fosse adensada sob alta pressão e constante vibração no momento da moldagem. O abatimento do tronco de cone (slump teste) foi admitido igual a zero, por possuir grande consistência (*slump* zero) e alta coesão.

Para verificar a melhor quantidade de água, foi utilizado o método sugerido por Hood (2006), para definir o ponto ideal, o método do ponto de pelota. O ponto de pelota ocorre quando uma quantia de concreto colocada nas mãos secas adquire consistência para se firmar sem deixar resíduo nas mãos. Caso o concreto se solte nas mãos, é necessário acrescentar água, corrigindo a relação a/c. A Fig. 1 demonstra a consistência do concreto utilizado através do ponto de pelota.



Figura 1- Ponto de pelota a) teor 0%; b) teor 50%

O processo de moldagem dos blocos compreendeu primeiramente a vibração das partículas, para que as mesmas se acomodassem no molde, em seguida ocorreu à prensagem, com auxílio do operador, juntamente com a vibração. O tempo de vibração consistiu no preenchimento das fôrmas com o concreto, e a vibro-prensagem levou aproximadamente 20 segundos. Posteriormente, os pavers foram depositados sobre placas de madeira.

O tempo de desfôrma foi de 24 horas, após esta etapa, os pavers foram colocados em câmara úmida com temperatura de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar acima de 95% para o processo de cura. A Fig. 2 mostra os pavers produzidos.



Figura 2 - Pavers após a moldagem

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o ensaio de resistência característica à compressão, utilizou-se a norma NBR 9781 (2013), que especifica o método pelo qual devem ser ensaiados os corpos de prova cujo formato é apresentado em forma de paver. Os valores médios da resistência à compressão uniaxial aos 7 e 28 dias, e o desvio padrão, encontram-se na Tab. 1.

Tabela 1 – Resistência à compressão e desvio padrão

Teor de substituição (%)	7 dias		28 dias	
	Resistência Média (MPa)	Desvio Padrão	Resistência Média (MPa)	Desvio Padrão
0	21,83	±1,44	29,78	±1,87
25	13,80	±1,23	20,55	±4,19
50	43,45	±5,74	53,93	±7,51

Verifica-se na Tab. 1, que aos 7 dias, a resistência à compressão para o teor de 25% apresentou um decréscimo de 36,79%, se comparado ao valor de referência com 0% de substituição. No entanto, o teor com 50% de substituição obteve um acréscimo expressivo de resistência média perante o teor 0%, sem substituição.

Aos 28 dias de idade, as peças de concreto seguiram a mesma linha de comportamento em relação à resistência média verificada aos 7 dias. A resistência à compressão para o teor de 25% obteve um decréscimo de 30,99%, se comparado ao valor de referência. Novamente, o teor com 50% de substituição apresentou um acréscimo de resistência média, pois praticamente dobrou seu valor de resistência perante o teor 0%.

Diante dos resultados de resistência à compressão obtidos aos 7 e 28 dias de idade, observou-se que o maior valor para a propriedade não foi fornecido pelo traço de referência e nem pelo traço contendo 25%, como era o esperado conforme alguns estudos já realizados. A maior resistência à compressão foi obtida com 50% de substituição, sendo também este, o único traço a fornecer resistência média maior do que 35 MPa nas duas idades avaliadas.

Através da Fig. 3 é possível analisar a influência do teor de substituição da areia de britagem sobre a resistência à compressão uniaxial.

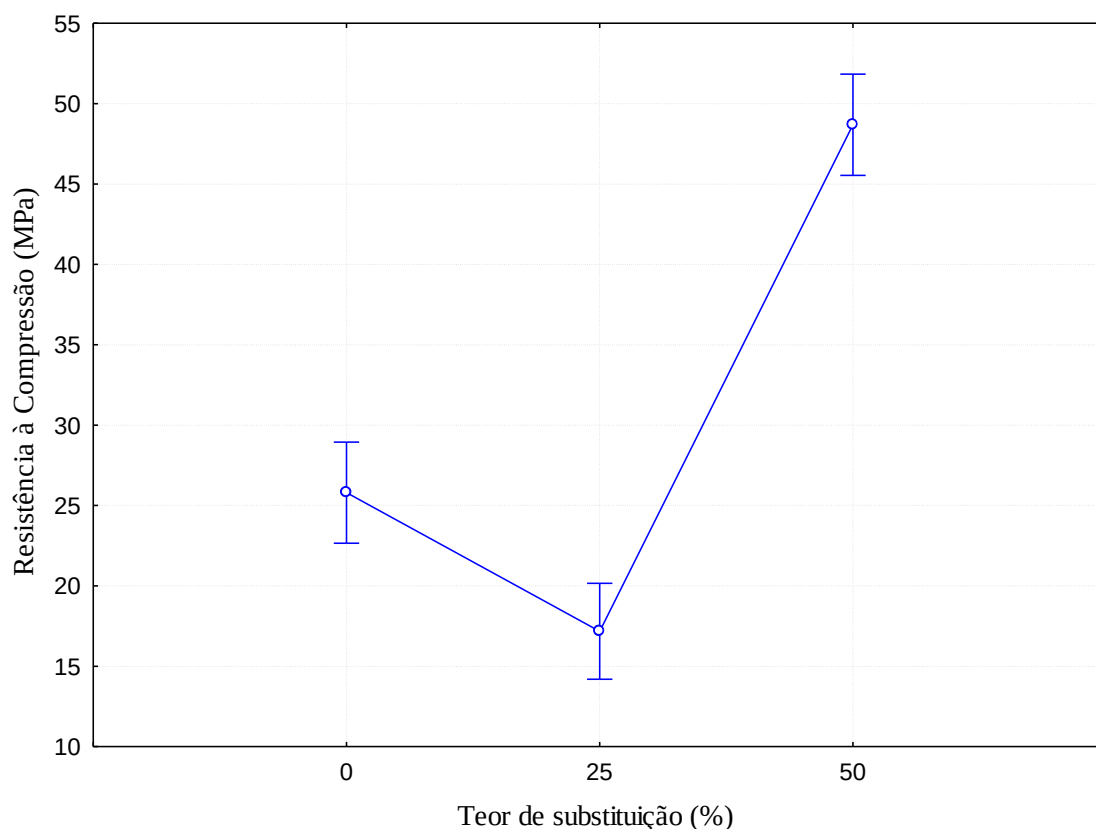


Figura 3: Efeito do teor de substituição da areia de britagem na resistência a compressão

Por meio da Fig. 3 nota-se o decréscimo de resistência à compressão entre a mistura de referência com 25,80 MPa e o teor de substituição 25% com 17,17 MPa. Já para o teor com 50% se comparado ao teor de referência, a resistência à compressão uniaxial apresentou um acréscimo notável, resultando em 48,69MPa.

Sendo assim, verificou-se que o teor com 50% de substituição exerceu maior influência na resistência à compressão uniaxial, comprovando que o teor de finos tem parcela determinante, pois, o material pulverulento (dentro de certos limites) pode contribuir para preencher os vazios, fazendo com que o cimento envolva melhor os grãos dos agregados, diminuindo a porosidade e aumentando a resistência do concreto (CABRAL 2007).

Em seus estudos, Guacelli (2010) também obteve acréscimo de resistência à compressão uniaxial com o aumento da proporção de areia de britagem e justificou este fato, ao aumento gradual da densidade de massa aparente no estado endurecido, motivado pela maior massa específica e maior teor de material pulverulento apresentados pela areia de britagem que leva a obtenção de um produto com compacidade mais elevada.

CONCLUSÕES

Diante da análise do comportamento da areia de britagem em substituição à areia natural foi possível concluir que o material pulverulento existente na areia de britagem resultou no empacotamento das partículas e menor índice de vazios, proporcionando maior resistência.

Com base nos ensaios de determinação da resistência à compressão constatou-se que somente a substituição de areia de britagem, no teor de 50% implicou em aumento no valor da propriedade em relação ao concreto de referência. O maior aumento foi verificado aos 28 dias cuja resistência média característica superou o valor mínimo 35 MPa exigido pela norma brasileira. Embora não tenha ultrapassado os 35 MPa, o traço referência apresentou valores superiores aos 25 MPa, permitindo o uso para solicitações com baixo tráfego.

Por fim, conclui-se que a substituição parcial de areias naturais pela areia de britagem como agregado inerte à composição na mistura de concretos reduz a demanda por areias naturais e consequentemente, minimiza a degradação de áreas mineradas, além de baratear o custo do metro cúbico de concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211. **Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR 15812-2 **Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

CABRAL, K. O. **Influência da areia artificial oriunda da britagem de rocha granito-gnaiss nas propriedades do concreto convencional no estado fresco e endurecido**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, 2007.

FIORITI, C.F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. 218f. Tese (Doutorado em Ciência da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

GUACELLI, P. A. G. **Substituição da areia natural por areia de britagem de rochas basálticas para argamassas de revestimento**. 2010. 167f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

HOOD, R. S. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. 2006. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

KITAMURA, S. **Estudo experimental sobre a influência da substituição do agregado miúdo natural por granito triturado, nas propriedades do concreto de cimento Portland**. 2011. 208f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

SILVA, R. A.; CALLEJAS, I. A.; ALBUQUERQUE, A. C.; OLIVEIRA, A. S. **Caracterização termo física mecânica do pavimento confeccionado com concreto permeável destinado à pavimentação urbana**. In: Congresso Brasileiro de Concreto, 2014.

SILVA, L. S., DEMETRIO, J. C. C., DEMETRIO, F. J. C. **Concreto Sustentável: Substituição da areia natural por pó de brita para confecção de concreto simples**. In: **5th International Workshop - Advances in Cleaner Production**, São Paulo, 2015.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS
EM MATERIAIS E SISTEMAS****PROPRIEDADES GEOMECÂNICAS DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS**

Aluno: Natália Smaniotto Bach
Orientador: Prof^a Msc. Suelen Vanzetto

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos parâmetros geomecânicos dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é de grande importância para a construção de aterros sanitários em todo o país. Visto que, são necessários estudos do comportamento estrutural desses aterros ao longo do tempo.

As propriedades geomecânicas dos resíduos sólidos urbanos (RSU) são influenciadas pela composição dos resíduos, bem como pelo comportamento de cada componente. A determinação destas propriedades se torna complexa em função da inerente heterogeneidade da massa de RSU, de sua alteração com o tempo, principalmente em função da biodegradação dos componentes orgânicos além da presença de componentes com diferentes formas e tamanhos (BORGATTO, 2010).

Outros aspectos que dificultam o entendimento do comportamento geotécnico desses materiais é a dificuldade de se obter amostras representativas, e o fato de ainda não existirem procedimentos de ensaio específico para esses materiais.

Os números referentes à geração de RSU revelam um total anual de 78,4 milhões de toneladas no país, o que representa 214.868.000 toneladas/dia de RSU no Brasil. O montante coletado em 2017 foi de 71,6 milhões de toneladas, registrando um índice de cobertura de coleta de 91,2% para o país, o que evidencia que 6,9 milhões de toneladas de resíduos não foram objeto de coleta e, consequentemente, tiveram destino impróprio (ABELPRE, 2017).

No que diz respeito à disposição final dos RSU coletados, o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil publicado em 2017 pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), não registrou avanços em relação ao cenário do ano anterior, mantendo praticamente a mesma proporção entre o que segue para locais adequados e inadequados, com cerca de 42,3 milhões de toneladas de RSU, ou 59,1% do coletado, dispostos em aterros sanitários.

O restante, que corresponde a 40,9% dos resíduos coletados, foi despejado em locais inadequados por 3.352 municípios brasileiros, totalizando mais 29 milhões de toneladas de resíduos em lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações, com danos diretos à saúde de milhões de pessoas (ABELPRE, 2017).

Desta maneira, além das orientações para que se priorizem ações de reaproveitamento e reciclagem, o conhecimento das propriedades destes materiais é fundamental para sua devida disposição final.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trata-se de um estudo exploratório, que tem como finalidade ampliar o conhecimento sobre algumas propriedades geomecânicas dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e a influência das mesmas

no comportamento global dos aterros sanitários. Utilizou-se a pesquisa bibliográfica como forma de explorar dados, panoramas, definição e classificação ligados ao tema.

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

A ABNT, em sua norma NBR 10.004/2004 define os resíduos sólidos urbanos como *“resíduos nos estados sólidos e semi-sólido que resultam de atividades da comunidade, de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de variação. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e esgoto, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d’água, ou exijam para isto soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”*.

Seguindo a norma NBR 10.004/2004 da ABNT os resíduos sólidos urbanos podem ainda ser classificados da seguinte forma:

Resíduos Classe I – Perigosos: são os chamados resíduos perigosos por apresentarem periculosidade quanto à inflamabilidade, reatividade, toxicidade, patogenicidade ou corrosividade;

Resíduos Classe II – Não Perigosos:

- Resíduos Classe II A – Não Inertes: são os resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos ou resíduos de classe II B – Inertes. Podem ter propriedades tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- Resíduos Classe II B – Inertes: são os resíduos que quando amostrados de uma forma representativa, submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspectos de cor, turbidez, dureza e sabor.

Quanto à disposição dos resíduos sólidos urbanos, as formas mais usuais de disposição no solo são os lixões ou vazadouros, aterros sanitários e aterros controlados. Os lixões são caracterizados pela ausência de controle dos resíduos depositados, já os aterros possuem elementos apropriados e técnicas de engenharia aplicadas para que a disposição dos resíduos não contamine o solo e as águas subterrâneas. A Fig. 1 representa a disposição final dos RSU coletados no Brasil nos últimos anos.

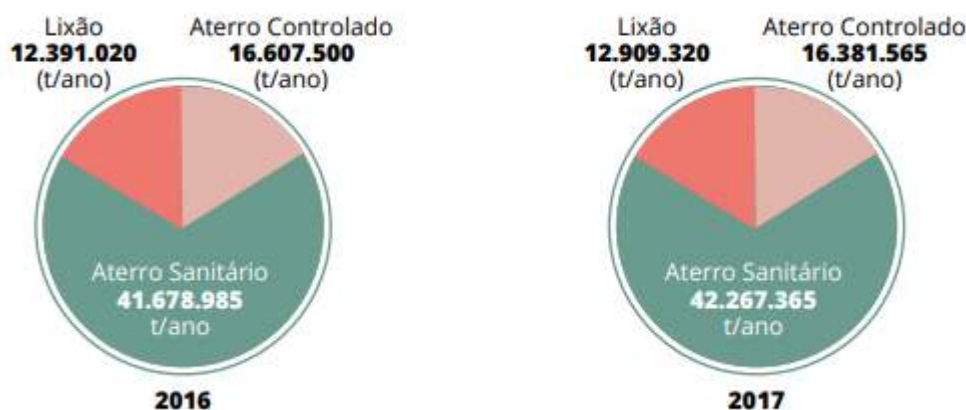


Figura 1: Disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil

Outro fator a se considerar são os métodos de tratamento que estes resíduos podem receber, que têm como objetivo reduzir o volume de resíduo a ser disposto, impedir o descarte destes em ambientes ou locais inadequados, bem como promover mudanças em suas propriedades transformando-os em materiais inertes ou biologicamente estáveis. Dentre os métodos de tratamento mais difundidos pode-se citar o processo de reciclagem, a compostagem, a incineração e o tratamento mecânico biológico, dependendo do tipo de resíduo a ser tratado (BORGATTO, 2010).

Propriedades dos Resíduos Sólidos Urbanos

Propriedades biológicas

As propriedades biológicas dos RSU são regidas em função das populações microbianas e agentes patogênicos presentes, onde a principal propriedade biológica de interesse sobre o ponto de vista geotécnico é a biodegradabilidade (OLIVEIRA, 2002).

O dimensionamento e as operações de aterros sanitários são diretamente influenciados por parâmetros como a diminuição da compressibilidade e da permeabilidade do RSU com o tempo, a perda contínua de massa, o ganho de densidade e a geração de gases (OLIVEIRA, 2002).

Os aterros sanitários podem ser entendidos como heterogêneos reatores biológicos, tendo como principais componentes de entrada e alimentação, os resíduos sólidos e a água, e como principais elementos de saída, os líquidos percolados e o biogás. A biodegradação dos componentes de entrada são influenciados pelo tamanho das partículas, composição, teor de umidade, pH do material presente, densidade, entre outros (MARQUES, 2001).

Propriedades químicas

A composição química é analisada no momento da escolha do processo de tratamento a ser aplicado aos RSU ou da forma de disposição final. São parâmetros importantes a quantificação dos teores de matéria orgânica, teor de cinzas, carbono, potássio, fósforo, etc (BORGATTO, 2010).

Alguns tipos de indicadores são utilizados dependendo do tipo de resíduo a ser tratado como o poder calorífico e a relação carbono/nitrogênio. O poder calorífico trata-se de um parâmetro de fundamental importância para dimensionamento de incineradores e para se conhecer o potencial de seu emprego como combustível alternativo. Já a relação carbono/nitrogênio é um indicador do grau de decomposição da matéria orgânica dos RSU nos processos de tratamento como a compostagem e disposição final (ABREU, 2015).

O potencial hidrogeniônico (pH), outra propriedade química, indica o teor de alcalinidade ou acidez dos RSU. A velocidade de degradação e estabilização da matéria orgânica na massa de resíduos está relacionada ao pH (BORGATTO, 2010).

Propriedades físicas

A distribuição dos grupos de substâncias ou composição gravimétrica consiste na separação dos grupos de substâncias que compõem os RSU em classes, ou seja, traduz o percentual de cada grupo em relação ao peso total da amostra estudada. Estes grupos de substâncias apresentam materiais com características similares com base no comportamento mecânico e estabilidade bioquímica e são divididos em: peças grandes, papel/papelão, plásticos, metais, minerais, madeira e material misto (BORGATTO, 2010).

Devido a grande heterogeneidade e variedade dos resíduos das partículas, a determinação da dimensão e distribuição das partículas dos RSU é limitada, não havendo um método padronizado para análise, utilizando-se o método clássico da mecânica dos solos. Assim, a composição granulométrica dos RSU os caracteriza como um material que apresenta elevado percentual de frações grosseiras (tamanho correspondente a pedregulhos) e com fração fina inferior a 20 % (partículas < 0,075 mm) (SANTOS; PRESA, 1995).

Outra propriedade a ser levada em consideração é o teor de umidade do RSU, levando em conta a contribuição das condições climáticas da fonte geradora e do local de disposição dos resíduos. Para SIMÕES *et al.* (2005), o teor de umidade dos resíduos sólidos urbanos está relacionado com a água de constituição dos resíduos e com a água absorvida da atmosfera dependendo principalmente, da composição gravimétrica.

O coeficiente de permeabilidade do resíduo é um importante parâmetro de projeto e operação de aterros de resíduos. Seu conhecimento é essencial para o dimensionamento do sistema de drenagem dos percolados e da estabilidade do maciço de resíduo, seja para a estabilidade da fundação quanto para os taludes (FUCALE, 2005).

Uma das propriedades mais importantes na descrição das propriedades geomecânicas é a resistência ao cisalhamento dos resíduos sólidos. Este é um elemento indispensável ao projeto e operação de aterros de resíduos, em especial ao cálculo de estabilidade de taludes. A obtenção deste parâmetro normalmente é feita através de ensaios de laboratório (cisalhamento direto, célula triaxial e caixa de tração), em equipamentos de médio ou grande porte (FUCALE, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante da bibliografia analisada percebe-se que a maior dificuldade encontrada para a realização de ensaios laboratoriais para determinação das propriedades geomecânicas dos resíduos sólidos urbanos está na coleta e obtenção de amostras representativas, função da composição heterogênea dos RSU e da necessidade de equipamentos de médio e grande porte, de acordo com o tipo de resíduo estudado (ABREU, 2015).

O conhecimento da distribuição dos grupos de substância de uma massa de RSU, em relação aos percentuais de matéria orgânica e de componentes fibrosos (grupo de substância dos plásticos filmes, plásticos duros, papel/papelão) tem relação direta com a resistência ao cisalhamento dos resíduos, visto que este parâmetro rege o comportamento global de um aterro de resíduos. O grupo de substância plástico filme, por exemplo, que constitui o principal componente fibroso da massa de RSU, confere ao corpo do aterro uma propriedade de reforço na resistência ao cisalhamento (BORGATTO, 2010).

Os materiais inertes estáveis (vidros, cerâmicas, solos, entulhos, etc.) apresentam comportamento semelhante aos solos granulares muito heterogêneos, desenvolvendo forças de atrito entre as partículas. Os materiais altamente deformáveis (plásticos, papéis, papelões, têxteis, borracha, etc.), além de sua deformabilidade, comportamento anisotrópico e a possibilidade de absorver ou incorporar fluidos no interior de sua estrutura, quando submetidos a carregamentos podem sofrer deformações iniciais com mudança de sua forma original, além da possibilidade de deformações de natureza viscosa (BORGATTO, 2010).

Já a matéria orgânica biodegradável, passa por transformações físico-químicas em curto prazo, gerando líquidos e gases. O percentual de matéria orgânica dos RSU brasileiros, típicos de países em desenvolvimento, varia na faixa de valores de 50 a 60% do peso total da amostra. Elevados percentuais de componentes orgânicos propiciam, por conseguinte, elevados teores de umidade nos corpos dos aterros de resíduos elevando-se a produção de chorume entre outros efeitos (GRISOLIA e NAPOLEONI, 1996).

CONCLUSÕES

Apesar dos estudos já realizados na área, o real entendimento sobre o comportamento dos RSU está longe de ser considerado completo. Isto se deve, ao fato de que os RSU são materiais heterogêneos, formados por partículas de diversos tamanhos e dimensões, apresentam enorme variabilidade na composição granulométrica e no percentual representativo, dependendo dos níveis de desenvolvimento econômico, tecnológico, sanitário e cultural da população, além das práticas de reciclagem, reuso e tratamento de resíduos (ABREU, 2015).

Nesse contexto, observa-se a necessidade de estudos mais detalhado a respeito das propriedades geomecânicas dos RSU, principalmente no que tange às propriedades de resistência ao cisalhamento, garantindo um bom dimensionamento e operação dos locais (aterros) em que serão dispostos os materiais.

Desta forma, o desenvolvimento de novos projetos de aterros de resíduos bem como parâmetros para controle de aterros em operação poderão ser determinados permitindo maior segurança e economia, aliado ao domínio de todas as propriedades que exercem influência no funcionamento de aterros.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT**, 2004. Resíduos sólidos: Classificação - NBR 10004/2004.

ABELPRE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2017. Disponível em: <<http://www.abelpre.org.br>> Acesso em: 07 out. 2018.

ABREU, A. E. S. **Investigação geofísica e resistência ao cisalhamento de resíduos sólidos urbanos de diferentes idades**. Tese Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2015.

BORGATTO, A. V. Z. **Estudo das propriedades geomecânicas de resíduos sólidos urbanos pré-tratados**. Tese Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

FUCALE, S. P. **Influência dos componentes de reforço na resistência de resíduos sólidos urbanos**. Tese Doutorado. - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

GRISOLIA, M.; NAPOLEONI, Q. **Geotechnical Characterization of Municipal Solid Waste: Choice of Design Parameters**. Proc of the Second International Congress on Environmental Geotechnics, Osaka, Japan, A.A.Balkema, 1996, v.2, p.642-646.

BACH, N. S., VANZETTO, S.
Propriedades geomecânicas dos resíduos sólidos urbanos

MARQUES, A. C. M. **Compactação e Compressibilidade de Resíduos Sólidos Urbanos.** Tese Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2001, 408p.

OLIVEIRA, D. A. F. **Estabilidade de taludes de maciços de resíduos sólidos urbanos.** Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2002, 154p.

SANTOS, L. A. O.; PRESA, E. P. **Compressibilidade de Aterros Sanitários Controlados.** III Simpósio sobre Barragens de Rejeito e Disposição de Resíduos - REGEO'95, v.II Ouro Preto, 1995, p.577 - 591.

SIMÕES, G. F.; LOBATO, L. C. S.; MARTINS, H. L. **Aplicação de um Modelo Tridimensional de Avaliação de Balanço Hídrico em Aterros de Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos.** In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande/Mato Grosso do Sul.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E
PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS****AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS DE SUPERFÍCIE NA RODOVIA
ENTRE OS MUNICÍPIOS DE ERECHIM E BARÃO DE COTEGIPE,
COM EXTENSÃO DE 9 KM E SUAS POSSÍVEIS CAUSAS**

Aluno: Patrik Junior Pelizzoni
Orientador: Alessandro Emilio Valmorbida

INTRODUÇÃO

Atualmente, o setor rodoviário nacional contempla uma grande magnitude de valores no que se refere a prosperidade do país rumo a uma melhoria socioeconômica, pois desde a década de 50, quando se difundiu a construção de rodovias pavimentadas, estas vieram a contribuir significativamente e trouxeram uma evolução no setor de logística brasileiro, facilitando o transporte e aproximando cada vez mais os diversos meios de produção e comercialização de produtos.

As rodovias têm um importante papel no cenário econômico brasileiro, pois são por elas que são escoadas as riquezas produzidas pelo país, sendo ainda um dos principais meios de locomoção (FLEK, 2017).

Busca-se, dentro da engenharia civil, a execução dos projetos rodoviários objetivando satisfazer as necessidades de melhoria contínua da qualidade de execução dos pavimentos, cumprindo os requisitos normativos e de projetos, para assim, proporcionar aos usuários condições de trafegabilidade com eficiência e eficácia.

Pavimentar uma via está diretamente relacionado com a melhoria do tráfego, pois quando se tem uma superfície plana regular e aderente, proporciona conforto e segurança a quem a utiliza (BALBO, 2007, apud FLEK, 2017).

Conforme Silva (2008), classificam-se como pavimentos aqueles que são concebidos sobre um terreno de infraestrutura que desempenha a função de suportar os esforços das ações de cargas provenientes das rodas dos veículos de transportes e das ações causadas pelo clima, (variações de temperatura e higroscópicas), onde estes são constituídos por diferentes camadas, com funções distintas, conforme figura 1.

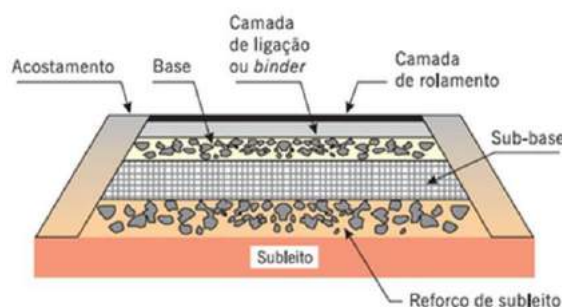


Figura 1 – Constituição do Pavimento, apresentado por Bianchi et al. (2008).

MATERIAL E MÉTODOS

A escolha dos métodos necessários para a elaboração do trabalho, se fez através do estudo das bibliografias julgadas essenciais para a avaliação da rodovia in loco, onde essas teorias serviram como base para efetuar os levantamentos das condições de superfície de rolamento do trecho da rodovia em estudo, entre os municípios de Erechim e Barão de Cotegipe – RS.

Nessa etapa foi realizada a busca por embasamento teórico para definir os parâmetros a serem seguidos como base e para a elaboração do trabalho, onde em seu contexto foram utilizados como materiais de orientação artigos, teses, livros e normas.

O trecho em estudo está delimitado entre a interseção que indica a saída do Município de Barão de Cotegipe – RS, até a rotatória localizada no Município de Erechim – RS, conforme está ilustrado na figura 2.

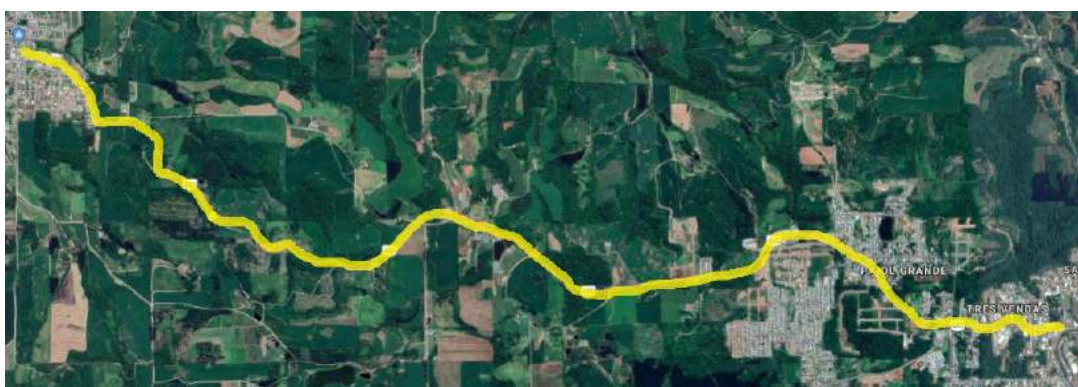


Figura 2 - Demarcação do trecho em estudo

Como forma de estudar as manifestações patológicas ocorrentes, foi observado o índice de ocorrência durante as avaliações e levantamentos realizados em campo por meio do check list, onde se elaborou uma análise para conhecimento dos fatores que promoveram a manifestação das deteriorações.

A planilha se mostrou uma importante ferramenta para a obtenção do inventário das condições de superfície de rolamento, podendo assim levantar os pontos críticos de ocorrência de patologias e estipular entre as existentes, quais serão utilizadas como objeto de estudo.

Se julgou necessário a extração de amostras nos pontos de manifestações patológicas por meio de sondagem para obter maiores informações sobre o trecho estudado, avaliação essa que permitiu conhecer as condições da infraestrutura do pavimento.

Avaliação da superfície de rolamento

A avaliações serão realizadas procurando estabelecer a frequência em que ocorrem as patologias de superfície na BR-480, assim como o nível de deterioração em que as mesmas se encontram, considerando que a rodovia é disposta de pavimento flexível e recebe diariamente um elevado índice de trafegabilidade devido à localização geográfica que a mesma se situa, proporcionando uma fundamental importância para setores de transportes e logística na região Norte do Estado, e contribuindo assim para o aumento no desenvolvimento local e regional.

Para uma melhor elaboração do estudo, a rodovia foi delimitada em trechos de 500m metros dentro do estaqueamento de projeto da mesma, totalizando uma quantidade de 18 trechos para se aplicar o estudo procurando quantificar e avaliar as patologias existentes nos trechos compreendidos.

Ensaio de Laboratório

Na busca de atestar as condições do pavimento, objetivou-se a realização de ensaios na qual o pavimento é submetido a fim de comprovar se o desempenho do mesmo condiz com os parâmetros estabelecidos em normas, ensaios estes de sondagens das camadas do pavimento para a verificação quanto ao grau de compactação apresentado pela mistura betuminosa que compõem o pavimento. O ensaio de sondagem é realizado com o intuito de atestar o grau de compactação das camadas do pavimento, e assim comprovar se a mistura asfáltica aplicada na pista atente a premissas estipulas em projeto, onde o grau de compactação obtido deverá sempre resultar em um valor igual ou superior a 97%.

A figura 3 representa a realização da extração de testemunhos a serem avaliados em laboratório.



Figura 3 - Sondagem do pavimento para extração de testemunhos

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos na etapa de avaliação das condições de superfície do pavimento têm relação quanto ao nível de obtenção das informações levantadas referentes ao estado de degradação do pavimento e quanto a sua condição de conservação perante o que se considera ideal. A seguinte figura, expressa a taxa global de manifestações patológicas verificadas no trecho em estudo, onde tem-se demonstrado um resumo geral de todos os defeitos incidentes na superfície do pavimento e que foram discutidos anteriormente.

Podemos então verificar, na figura 4 as taxas de manifestações patológicas totais.



Figura 4 - Taxa de Manifestações totais de patologias

A tabela 1 a seguir, apresenta um resumo das manifestações patológicas verificadas no trecho em estudo.

Manifestação patológica	Representação	Causas	Medidas corretivas
Fissuras		Fadiga devido volume de tráfego; Exposição a intempéries; Retração térmica	Ensaio de verificação do sub-leito; Remoção da área afetada e posterior restauro com recomposição do pavimento; Reciclagem do revestimento
Trincas		Fadiga devido volume de tráfego; Perda de temperatura no ato do transporte; Compactação ineficaz	Ensaio de verificação do grau de compactação; Utilização de asfaltos modificados; Membranas geossintéticas
Afundamentos		Fadiga; Elevadas temperaturas ambiente; Amolecimento do CAP	Remoção da área afetada e posterior restauro profundo com recomposição do pavimento
Panelas		Fadiga; Abrasão; Envelhecimento; Estrutura inadequada	Reciclagem do revestimento; Ligantes modificados com elastômeros
Escorregamento		Fadiga; Elevadas temperaturas ambiente; Amolecimento do CAP	Remoção da área afetada e posterior restauro com recomposição do pavimento
Exsudação		Taxa excessiva de betume; Imprimadura aplicada sobre base úmida; Elevadas temperaturas ambiente	Reciclagem do revestimento
Remendos		Fragilidade no contato de interfaces	Remoção da área afetada e posterior restauro com recomposição do pavimento

Tabela 1 - Tabela resumo das manifestações patológicas

Visando uma melhor análise das informações encontradas sobre o pavimento do trecho em estudo, com a realização dos ensaios em laboratório se objetivou conhecer a mistura asfáltica do pavimento quanto ao grau de compactação apresentado pela mesma.

Após as sondagens do pavimento, se deu início às etapas de avaliação dos corpos de prova extraídos em laboratório. Seguindo os procedimentos de avaliação, os testemunhos permaneceram por 12 horas no interior de uma estufa para a eliminação da umidade existente e na sequência foram submetidos as avaliações para obtenção do grau de compactação referente as amostras, conforme figura 5.



Figura 5 - Avaliação das características físicas

Com a obtenção dos resultados se comprovou o atendimento quanto aos limites mínimos exigidos pelo DNIT para a compactação, onde os corpos de prova apresentaram percentual de compactação maior que 97%, que é estipulado pelo órgão competente de fiscalização.

CONCLUSÕES

Por fim constatou-se que este estudo trouxe importantes informações sobre o trecho avaliado, onde o mesmo não se encontra 100% em conformidade, sendo que pode-se extrair dados sobre a condições da superfície do pavimento e características das tipologias de deteriorações existentes, podendo assim constatar que o mesmo se encontra afetado por um considerável índice de manifestações patológicas que também são encontradas em diversas rodovias nacionais.

REFERÊNCIAS

- BALBO, J. T. Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficinas de textos, 2007.
- BERNUCCI, L. B, et al. Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobrás: Abeda, 2006.
- BIANCHI, F. R, et al. Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível. 2008. p. 3. Associação de Ensino Superior do Centro Leste, Manguinhos, 2008.
- DANIELESKI, M. L. Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de porto alegre. 2004. 17 f. Mestrado profissionalizante em engenharia – Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2004.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Rio de Janeiro, 2003, p. 6 – 11.
- FLEK, C. M. Diagnostico de patologias encontradas na Rodovia BR-050 entre Araguari e Uberlândia. Revista constituindo, n.1, v. 9, p. 48 – 61, 2017.

FONTES, L. P. T. L., et al. Comportamento à fadiga e à deformação permanente de misturas asfálticas confeccionadas com asfalto-borracha Brasileiro, 2008.

GOOGLE MAPS. Cidades e rotas Erechim – Barão de Cotegipe, RS. Disponível em:

<<https://www.google.com.br/maps/@-27.6323413,-52.3389599,3958m/data=!3m1!1e3>> Acesso em Maio de 2018.

ROCHA, R. S., et al. Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações – Estudo de caso da Avenida Pinto de Aguiar, S-d.

SILVA, P. F. A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos / 2 ed. São Paulo: Pini, 2008.

SCHMIDT, M. Estudo de patologias em pavimentos asfálticos na cidade de Santa Maria – RS. 2016. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, UFSM, Santa Maria, 2016.

VISCONTI, T. S. O Sistema Gerencial de Pavimentos do DNER. 2000. p. 10.

ZAGONEL, A. R. Inovações em revestimentos asfálticos utilizados no Brasil. 2013. 23-24 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia Civil, UNIJUI, Ijuí, 2013.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DO SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME EM COMPARATIVO COM ESTRUTURAS DE ALVENARIA CONVENCIONAL



Aluno: Paulo Sérgio Munghol Oldoni

Orientadora: Prof. MSc. Roberta Neumeister

INTRODUÇÃO

Atualmente a alvenaria é o mais utilizado no nosso país. Isto se dá, principalmente, por este método não exigir mão de obra qualificada e possuir boa disponibilidade dos materiais utilizados. Para Molina e Junior (2010), o Brasil não utiliza muito o sistema construtivo *Wood frame*, método que utiliza perfis de madeira maciça contraventadas com chapas estruturais, pela falta de conhecimento sobre o mesmo. Já nos EUA, no ano 2010 cerca de 95% das casas construídas utilizaram este sistema. Alves (2015) afirma que a redução dos custos, o aumento da produtividade e a garantia efetiva da gestão são grandes desafios para todas as empresas. Nas construções convencionais, os métodos de produção são bastante artesanais, o que dificulta o ganho em produtividade. Já em sistemas industrializados, como é o caso do *Wood frame*, tem-se um maior controle nos processos de produção, nos custos e no uso racional dos materiais, reduzindo assim as perdas. Considerando que eficiência energética é um desafio sustentável para o setor da construção civil, mudanças desde a concepção dos projetos devem ser adotadas, principalmente no quesito da utilização de materiais que possuam grande capacidade de resistência térmica para o fluxo de calor nas edificações. Este estudo visa verificar o desempenho térmico do sistema construtivo *Wood frame* em comparação com o sistema em alvenaria convencional através de análises experimentais, com a finalidade de demonstrar qual sistema oferece um melhor conforto térmico para as construções.

MATERIAL E MÉTODOS

Uma construção recebe energia térmica do ambiente externo pelos fenômenos de radiação e convecção. Como consequência da elevação da temperatura, acontece um fluxo de calor da parte

interna da parede para o meio interno do ambiente e este fluxo de calor se dá por meio de radiação e convecção (BEZERRA, 2003). Para demonstrar estes fenômenos, realizou-se o experimento.

Construiu-se um modelo físico onde se analisaram as variações de temperatura na alvenaria convencional, com blocos de concreto, e no *Wood frame*, através de fontes de calor (convecção forçada e radiação). Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fenômenos de Transporte da URI – Campus de Erechim – RS. A fim de simular áreas de uma residência para a realização dos testes, construiu-se um modelo físico que possuía as dimensões de 40 cm de altura, 40 cm de largura e 80 cm de comprimento, conforme se observa na Fig. 01

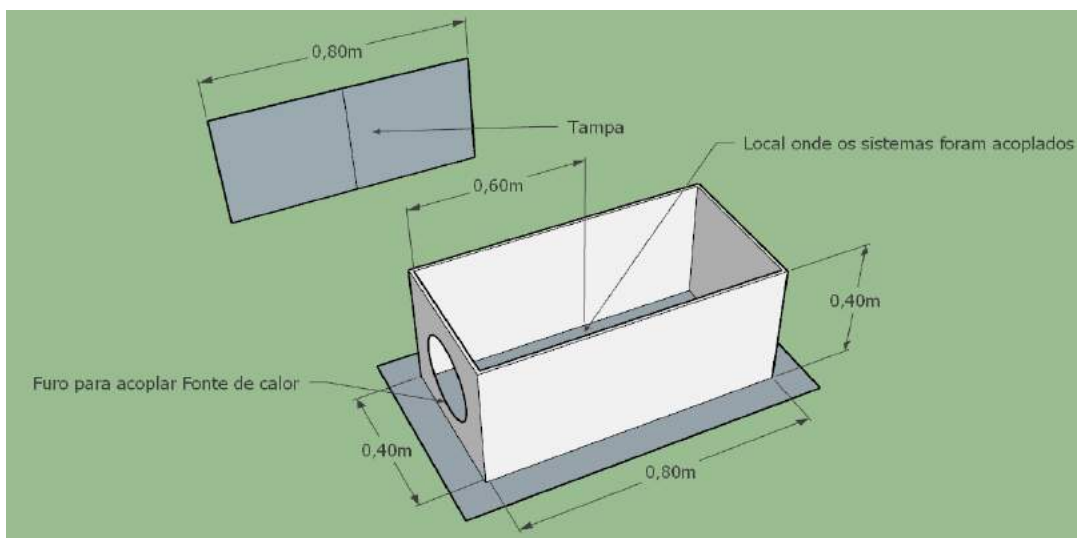


Figura 1 - Modelo Físico

Para realizar as leituras das temperaturas nos sistemas construtivos foram utilizados sensores termopares do tipo K, 12 no total, que foram acoplados nas faces expostas e opostas a fonte de calor. Para os testes sob a influência de convecção forçada utilizou-se um aquecedor portátil (1.500 W) e para a radiação, utilizou-se uma lâmpada infravermelho (125 W). Para a coleta de dados foi utilizado um *Datalogger*, que registrou os dados de temperatura de 5 em 5 segundos por 24 horas para cada termopar. Para o comparativo, captura e registro das leituras das temperaturas, foi utilizado o *software FieldLogger 128k*. A Fig. 2 mostra a conformação final do modelo físico.

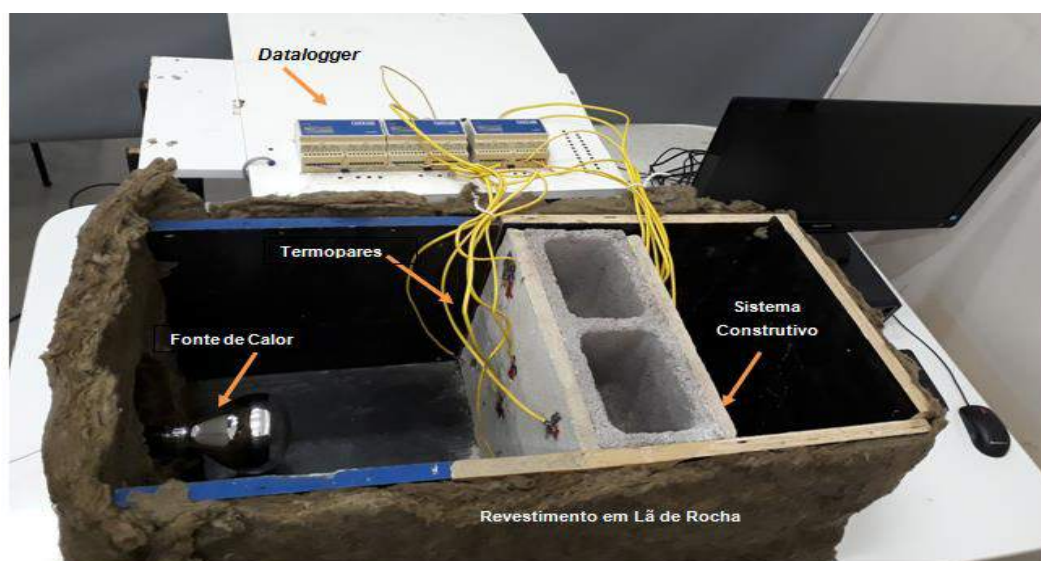


Figura 2 - Modelo físico em sua conformação final

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para melhor demonstrar os resultados, foram realizadas médias das temperaturas nas duas faces de medições entres os dois sistemas, aplicando-se a convecção forçada. Como se pôde verificar, a face E, que é a face exposta à fonte de convecção na alvenaria chegou a aproximadamente 80°C, o que também foi verificado no sistema *Wood frame*. Na face O (face oposta) da alvenaria as leituras chegaram a aproximadamente 75°C. Já na face oposta do *Wood frame* as temperaturas médias se aproximaram dos 50°C. Foram constatados, portanto, cerca de 25°C de diferença entre os dois sistemas construtivos, através dos testes com convecção forçada, conforme observa-se na Fig. 4.

Como a alvenaria possui uma transferência de temperatura significativa, inclusive dentro da câmara o que fez com a temperatura do lado oposto fosse elevada, muito próxima da temperatura do lado exposto. No *Wood frame* isso não ocorre, pois, a transferência de temperatura é menor, o que fez com que a temperatura que chegasse a face oposta fosse consideravelmente menor do que a temperatura recebida pelo lado exposto.

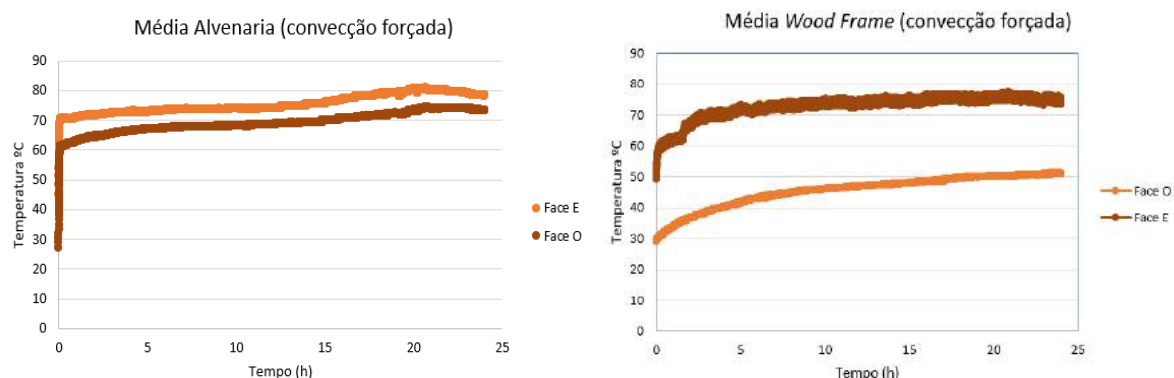


Figura 3 - Comparativo térmico através de convecção forçada no sistema Alvenaria e no sistema *Wood Frame*

Aplicando-se a radiação, também se utilizaram as médias das temperaturas nas duas faces de medições entre os dois sistemas. Estes resultados representam melhor a condição em uma edificação. Ambos os sistemas construtivos, nas suas faces expostas (face E) a fonte de calor, obtiveram entre 70°C a 75°C. No sistema *Wood frame*, em sua face oposta (face O), a temperatura não passou de 28°C, portanto, a diferença entre as duas faces é de aproximadamente 47°C. Quando verificado a face oposta do sistema alvenaria, observou-se que as médias chegaram próximas aos 44°C quando submetidos a radiação, uma diferença de 31°C entre as faces do sistema alvenaria. Comparando as faces opostas, de ambos os sistemas, a diferença de temperatura foi de aproximadamente 16°C, conforme se observa na Fig. 4.

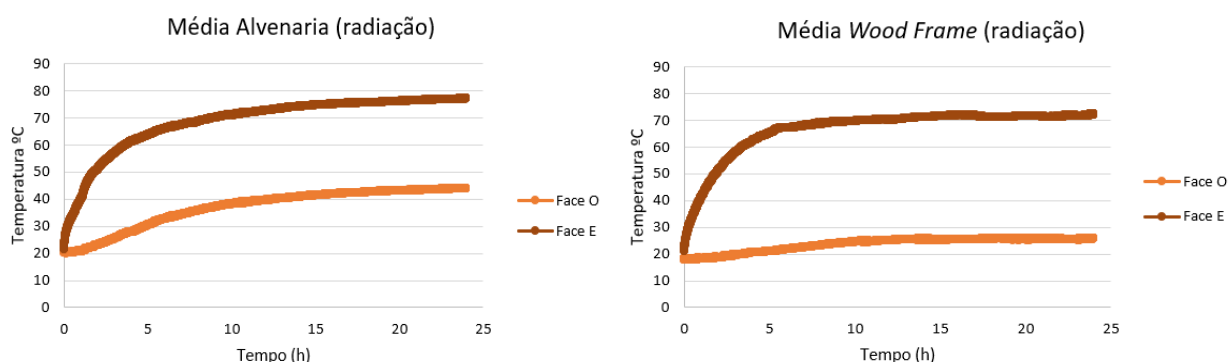


Figura 4 - Comparativo térmico através de radiação no sistema Alvenaria e no sistema *Wood frame*

Com a diminuição da quantidade de energia transferida para o interior das edificações tem-se economia de energia elétrica que seria necessária para climatização de ambientes. Segundo Bezerra (2003), este fato acontece em regiões com baixas latitudes, como acontece no Nordeste do Brasil, que a radiação solar é a principal responsável pela parcela de carga térmica nos espaços construídos. Através da análise dos dois sistemas construtivos foram realizadas estimativas, almejando obter os resultados de potência transferida em kWh (quilowatt hora) que são transferidos para o ambiente. A variação da temperatura utilizada, para cada sistema foi de 75°C para a face exposta e 44°C para a face oposta no sistema alvenaria convencional, já no sistema *Wood frame* 72°C na face exposta e 26°C na face oposta, após a estabilização da mesma

Pode-se perceber que a carga térmica, em kWh, para cada um dos sistemas construtivos, a partir dos cálculos anteriores utilizando como base a taxa de transferência de calor, gerou a Tab. 1.

Sistemas construtivos	Carga térmica (kWh/m²)
Alvenaria	0,11351
<i>Wood frame</i>	0,01367

Tabela 1 - Carga térmica (kWh) para os sistemas construtivos Alvenaria e *Wood frame*

Considerando as camadas dos sistemas construtivos utilizados no presente trabalho experimental, conseguiu-se mensurar quanto a construção iria transferir de energia para o ambiente e, assim, foi possível estimar também o gasto em energético no período de 1 hora e de 8 horas, utilizando da média R\$/kWh 0,452 que foi disponibilizada pela RGE. Na Tab. 2 pode-se verificar o comparativo de gasto energético para os sistemas construtivos alvenaria convencional e *Wood frame*.

Tempo (horas)	<i>Wood Frame</i> (R\$)	Alvenaria convencional (R\$)
1	0,44	3,72
8	4,11	32,88

Tabela 2 - Comparativo de gasto energético, em períodos diferentes, para os sistemas construtivos em estudo.

Como se pode perceber neste comparativo, o gasto energético para o sistema construtivo alvenaria convencional, considerando o período de tempo de 1 hora, foi de R\$ 3,72 e para o sistema construtivo *Wood frame*, no mesmo período de tempo, o gasto energético foi de R\$ 0,44. Já, quando comparado o gasto energético por um maior período de tempo, a diferença entre os sistemas comparados é mais significativa, sendo de R\$ 32.88 para alvenaria e R\$ 4,11 para *Wood frame*.

Estes valores estão vinculados ao consumo de energia necessário para que se consiga manter um ambiente climatizado. Com a diminuição da quantidade de energia transferida para o interior das edificações tem-se economia de energia elétrica que seria necessária para climatização de ambientes. Segundo Bezerra (2003), este fato acontece em regiões com baixas latitudes, como acontece no Nordeste do Brasil, que a radiação solar é a principal responsável pela parcela de carga térmica nos espaços construídos.

CONCLUSÕES

O desempenho térmico do sistema construtivo *Wood frame* deixou evidente a vantagem do seu uso como forma de reduzir a transferência de calor do meio externo para o meio interno. Para os dois métodos de medições o sistema americano se mostrou mais eficaz e com desempenho térmico superior. Analisando os dados obtidos pelo teste com convecção forçada, verifica-se que para alvenaria convencional, a diferença de temperaturas entre a face exposta e a face oposta é de aproximadamente 5°C. Para o sistema *Wood frame*, a diferença entre as faces é de cerca de 25°C. Quando a análise se dá pelo teste utilizando radiação, a diferença entre as faces exposta e oposta da alvenaria convencional é de 31°C e, para o sistema *Wood frame*, essa diferença é 47°C, ou seja, entre os sistemas construtivos, a diferença chegou a 16°C.

A menor utilização de climatizadores ou ar condicionado, consequentemente diminui os gastos enérgicos de forma considerável, tornando assim um sistema que além de ter uma ideia sustentável,

Paulo Sergio Munghol Oldoni

Avaliação do desempenho térmico do sistema construtivo *Wood frame* em comparativo com estruturas de alvenaria convencional

pode proporcionar um melhor conforto térmico para seus utilizadores do que o sistema convencional conhecido e mais utilizado até hoje. O sistema construtivo *Wood frame* oferece cerca de 89,29% de economia e tem a melhor condição de desempenho térmico quando comparado com o sistema construtivo alvenaria convencional.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. P. **Comparativo do custo benefício entre o sistema construtivo em alvenaria e os sistemas *steel frame* e *Wood frame***. Revista Especialize IPOG online, 2015. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n10-2015/comparativo-do-custo-beneficio-entre-o-sistema-construtivo-em-alvenaria-e-os-sistemas-steel-frame-e-wood-frame/>>. Acesso em: 25 mai 2018.

BERGMAN, L.T, LAVINE A.S, INCROPERA F.P, DEWITT D.P **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**, 7ª edição. 2014. [Minha Biblioteca]. Retirado de <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2611-4/>

BEZERRA, L. A. C. **Análise do desempenho térmico de sistema construtivo de concreto com EPS como agregado graúdo**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal – RN, 2003.

MOLINA, J. C.; JUNIOR C. C. **Sistema construtivo em *wood frame* para casas de madeira**. Revista Semina: Ciências Exatas e Tecnológica. Universidade Estadual de Londrina. Londrina – PR. 2010.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E
PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS****APLICAÇÃO DO SISTEMA LEAN NA LINHA DE PRODUÇÃO DE CORTE
E DOBRA DE AÇO DE UMA EMPRESA E DE UM CANTEIRO DE OBRAS
DE UM MUNICÍPIO DO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL****Aluno: Pedro Vitor Parmigiani
Orientador: Darci Luiz Kuiawinski****INTRODUÇÃO**

A construção civil engloba e movimentada diversas atividades que contribuem para o desenvolvimento econômico e social do Brasil, por conta disso, pode-se afirmar que ela influencia de forma direta na economia e infraestrutura econômica do país, além da qualidade de vida das pessoas que nele vivem. O setor possui relação direta com outros setores industriais, pois em seu processo produtivo existe a utilização de diversos tipos de materiais e mão de obra. Movimentada, significativamente, a atividade em outros setores, o que faz a cadeia produtiva da construção civil bastante complexa. A expansão do setor é fundamental para o Brasil. (MONTEIRO FILHA, 2010).

Sabemos que muitas são as necessidades empresariais de utilização de um sistema que proporcione melhorias no rendimento desta, e com um canteiro de obras não é diferente. Neste sentido, com o intuito de verificar quais as possibilidades reais de melhorias, um questionamento vem à tona e constitui-se no problema de pesquisa: Quais as possibilidades de melhorias no rendimento de uma empresa e de um canteiro de obras, suas similaridades e diferenças, com a utilização do Sistema Lean na linha de produção de corte e dobra de aço?

Nestes termos, justifica-se a presente pesquisa pela relevância da temática apresentada, considerando-se as possibilidades de melhoria na linha de produção de corte e dobra de aço, a partir do Sistema Lean.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa é de caráter qualitativo com enfoque Exploratório, Bibliográfica e de Observação.

As estratégias metodológicas utilizadas constituem-se em leitura, fichamento de obras pertinentes da pesquisa, contato e coleta de dados através da observação, análise e síntese dos dados coletados e sistematização da pesquisa.

A observação foi realizada em uma empresa e em dois canteiros de obras do município de Erechim - RS, no período de maio a outubro de 2018. A escolha pelo município de Erechim - RS dá-se pela proximidade com as propostas e conhecimento do funcionamento da empresa e do canteiro de obras.

Pode-se classificar esta pesquisa, do ponto de vista de sua natureza como pesquisa aplicada, uma vez que tem como objetivo, buscar soluções de problemas específicos e interesses locais.

A pesquisa tem como universo de investigação uma empresa e um canteiro de obras do município de Erechim – RS.

Para a Pesquisa Bibliográfica, os dados foram coletados mediante leitura, fichamento e análise de obras pertinentes à temática de investigação e para a Pesquisa de Campo, os dados foram coletados mediante observação.

Inicialmente foi agendado contato presencial com a diretoria da empresa e do canteiro de obras em questão. No encontro foi solicitado o consentimento relacionado à participação das mesmas nas observações e análises aqui propostas e foram, também, apresentadas as intenções de pesquisa, bem como, os procedimentos metodológicos para coleta de dados.

Na sequência foi agendado o período da observação. Na oportunidade, também, foi marcada a data da devolução dos resultados da pesquisa.

Para tornar mais inteligível a comparação a ser feita, foi escolhido um andar inteiro de pilares, presente no Canteiro de Obras Y para serem executados também na Empresa X. Assim, se aproximando dos conceitos de Shingo ao analisar a manufatura de um produto final.

Na Empresa X, os tempos para a produção de cada peça foram fornecidos pela máquina de corte e dobra, e todos os outros processos que não envolviam os equipamentos foram cronometrados manualmente.

Enquanto no Canteiro de Obras Y, a produção dos pilares foi acompanhada parcialmente, conseguindo cronometrar o processo completo de produção da maioria dos pilares presentes no andar estudo.

No Mapeamento do processo foram utilizados os símbolos apresentados na Figura 1, e o andar de pilares analisado está discriminado na Tabela 1.

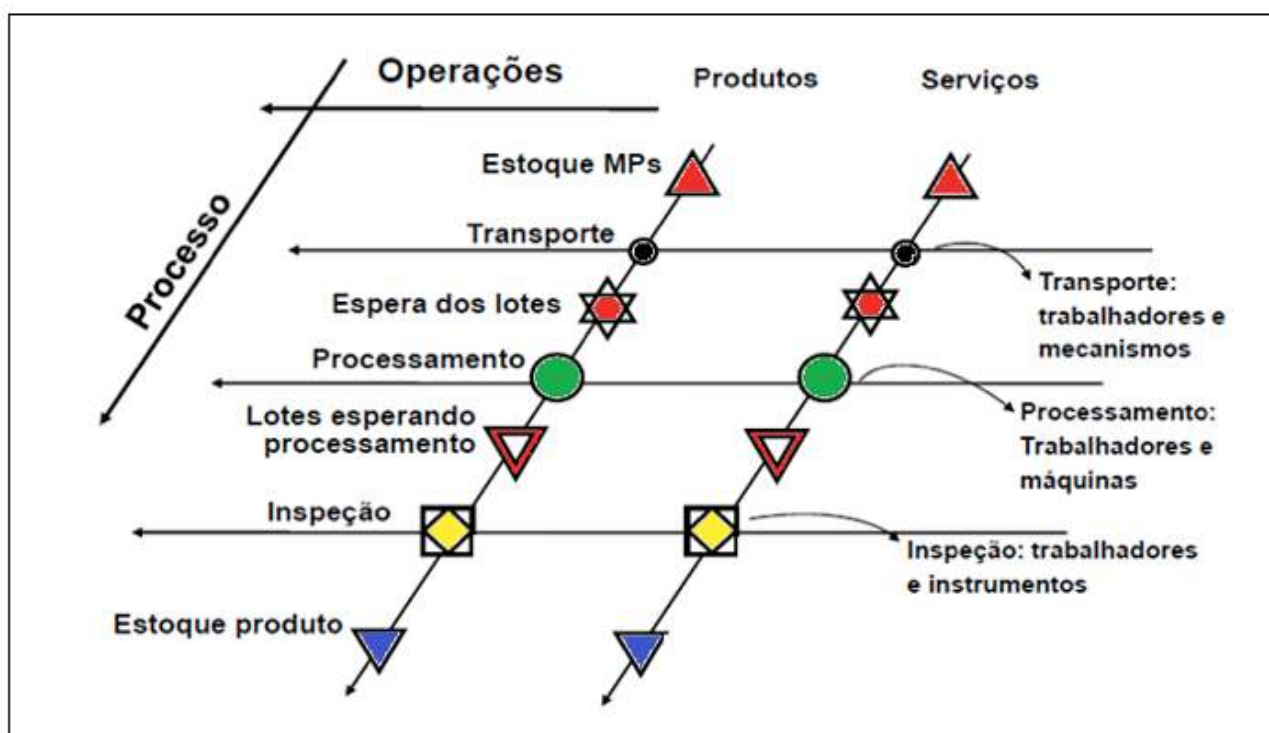


Figura 1 – Simbologia do Mapeamento da Função Produção

Diâmetro (mm)	Comprimento (cm)	Quantidade
16,0	339	8
12,5	326	76
	276	34
	94	4
10,0	317	134
5,0	104	181
	39	168
	108	642
	128	19
	29	498
	124	19
	27	228
	130	24

Tabela 1 – Lista de peças

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Empresa X se trata de uma empresa de venda de aço, além de oferecer o serviço de corte e dobra de aço para canteiros de obras de terceiros. Neste presente estudo foi analisada somente a linha de corte e dobra de aço.

Com os estudos realizados na Empresa X através do levantamento de dados no processo de corte e dobra e mapeamento do mesmo, juntamente com o layout, pode-se visualizar perdas no setor.

Conforme o mapeamento dos processos obteve-se o conhecimento dos tempos de agregação de valor e não agregação de valor no processo de corte e dobra de aço.

A soma total dos tempos apresenta um tempo de atravessamento, ou seja, do início ao produto acabado de 109.624 segundos. O tempo de não agregação de valor (TNAV) é de 109.491 segundos e o tempo de agregação de valor (TAV) é de 133 segundos, representando assim que em 99,878% do tempo o processo não agrega valor ao produto e que apenas 0,121% agrega valor em relação ao tempo total. A Figura 2, a seguir representa esta análise:

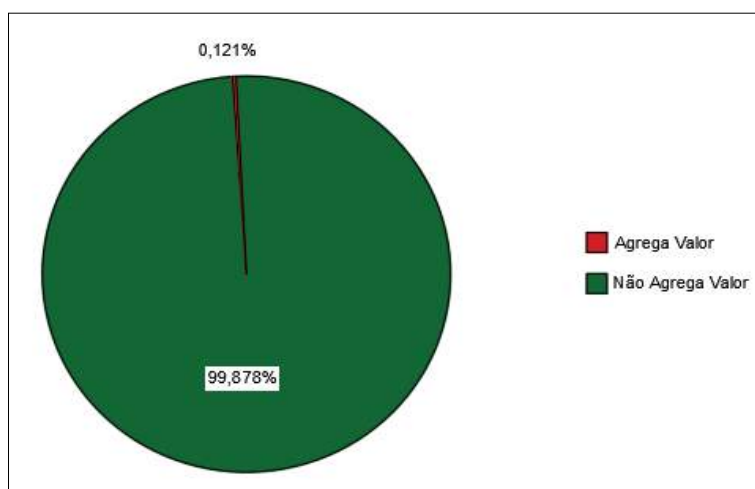


Figura 2 – Agregação e Não Agregação de Valor

O Canteiro de Obras Y se trata de um canteiro para a construção de um prédio de 5 pavimentos, na cidade de Erechim- RS. Neste estudo foi analisada somente a linha de corte e dobra presente no Canteiro.

Para que seja possível uma melhor aplicação dos conceitos da Produção Enxuta, a montagem dos pilares também terá seu tempo descrito, diferente da Empresa X, que tem o fim do processo de produção delimitado quando todas as barras de aço forem dobradas e cortadas, sem que seja necessária a montagem dos elementos estruturais.

A Figura 3 mostra o Mapeamento da Fabricação de um Pilar em obra:

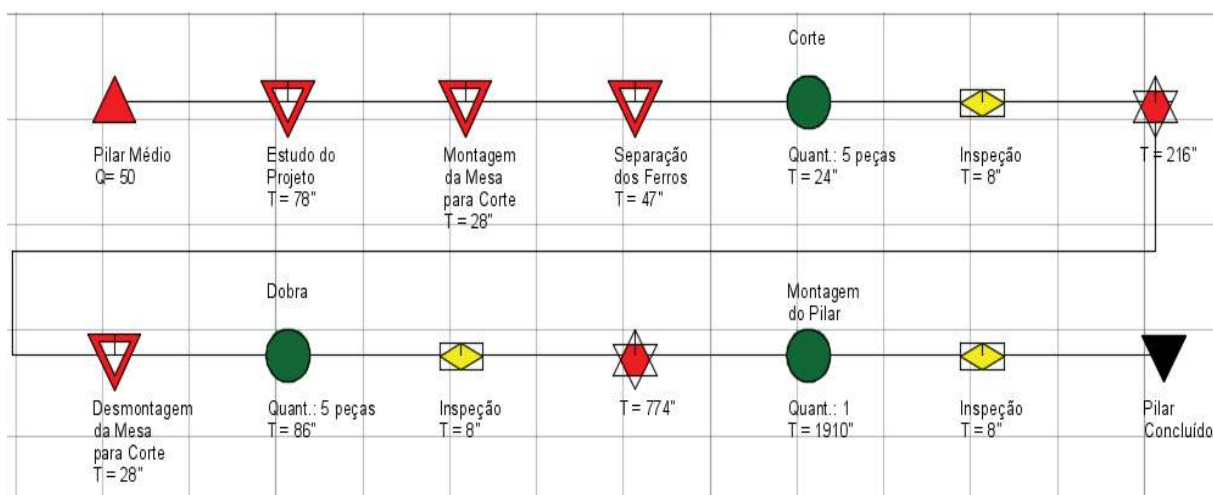


Figura 3 – Processo de Fabricação de um Pilar no Canteiro de Obras Y

Enquanto o tempo total para a fabricação do andar de pilares na Empresa X é de 14759 segundos, o tempo para a fabricação do mesmo produto no Canteiro de Obras Y é de 131815 segundos, já que cada pilar leva 3215 segundos e o andar inteiro é constituído de 41 pilares. Mesmo que o tempo de montagem do pilar não fosse contabilizado, que é onde estão praticamente todas as perdas, o tempo total para o corte e dobra de todo aço seria de 53505 segundos, mais que o dobro apresentado na Empresa X, mostrando que as operações envolvidas e as máquinas empregadas agilizam em muito a linha.

Para se ter uma melhora na produtividade no canteiro de obras foi pensada uma linha de produção baseada na Empresa X, porém levando em consideração os tempos das operações presentes no Canteiro de Obras Y, que pode ser visualizada nas Figuras 4, 5, 6, 7 e 8, a seguir.



Figura 4 – Mapeamento futuro 12,5 mm

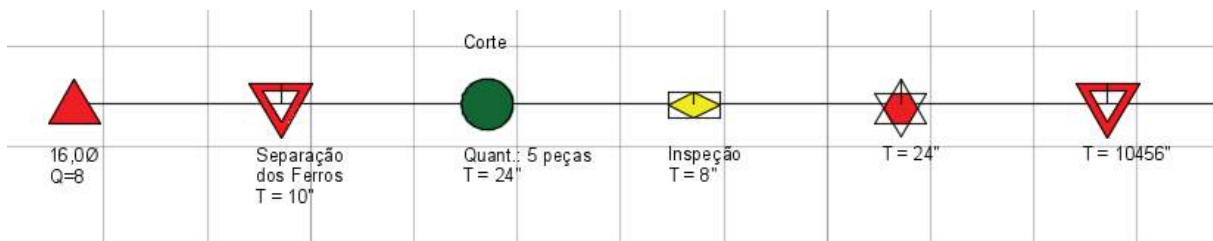


Figura 5 – Mapeamento futuro 16,0 mm

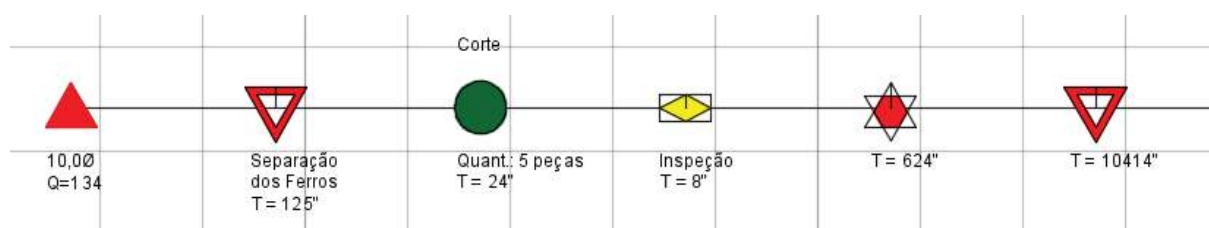


Figura 6 – Mapeamento futuro 10,0 mm

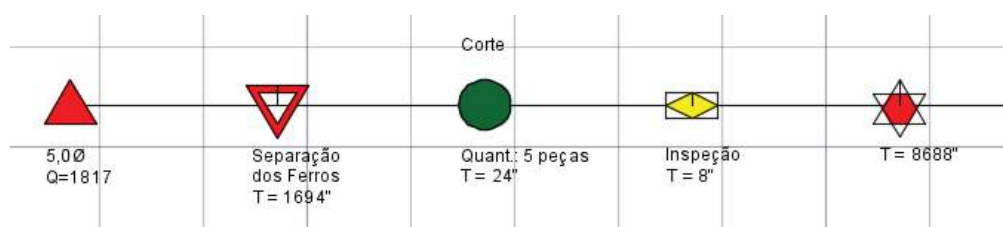


Figura 7 – Mapeamento futuro 5,0 mm

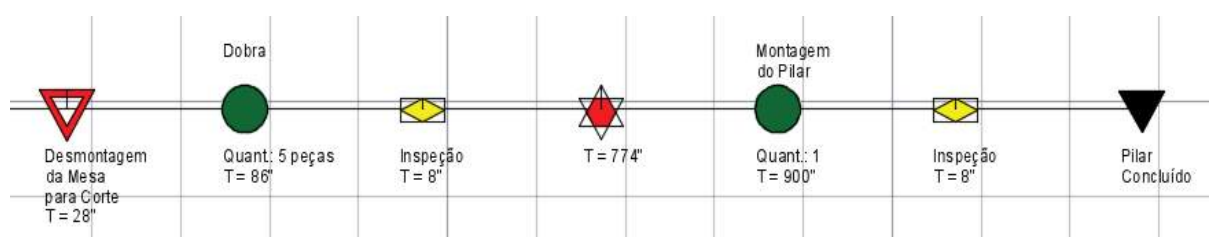


Figura 8 – Mapeamento futuro da etapa de montagem

Com esse novo formato na linha de produção, o tempo total da linha seria de 87574 segundos, contra 131815 segundos da linha atual. Se forem descontados os segundos utilizados para a montagem dos pilares, mesmo assim a linha proposta é mais rápida, levando 46002 segundos contra 53505 segundos da linha atual.

A Tabela 2 compara os tempos totais e a porcentagem de Tempo de Agregação e Não Agregação de Valor das três linhas analisadas:

Linhas de Produção	TAV	TNAV	Tempo Total Para a Produção
Empresa X	0,121 %	99,878 %	14759 segundos
Canteiro de Obras Y	62,83 %	37,16 %	53505 segundos
Proposta	0,022 %	99,978 %	46002 segundos

Tabela 2 – Comparação de TAV e TNAV e Tempo Total dos Mapeamentos

A linha de produção proposta diminuiria o tempo total para a produção do andar inteiro de pilares em 14%, e se contabilizado o tempo gasto para a montagem dos pilares, a diminuição seria de 33%, visto que a maioria das perdas estão presentes na parte de montagem dos pilares.

CONCLUSÕES

Buscando reduzir as perdas visualizadas no Canteiro de Obras Y foi desenvolvido um mapeamento de fluxo futuro que diminuísse o tempo para a produção do andar de pilares que foi o objeto de estudo, tendo como inspiração o modelo observado na Empresa X. Com o mapeamento

PARMIGIANI, P. V.; KUIAWINSKI, D, L.

Aplicação do Sistema Lean na Linha de Produção de Corte e Dobra de Aço de uma Empresa e de um Canteiro de Obras de um Município do Norte do Rio Grande do Sul

futuro o tempo para a produção do andar de pilares foi de 46002 segundos contra 53505 segundos do formato atual. Se for incluso o tempo para a montagem dos pilares a diferença aumenta, o processo proposto dura 87574 segundos contra 131815 segundos do processo como é realizado atualmente.

O setor da construção civil de pequeno porte ainda se mostra distante da realidade idealizada por Shingo. Alguns mecanismos mostraram-se eficientes para análise e otimização dos processos analisados, entretanto, a teoria não pode ser completamente implementada. A produção enxuta é uma teoria que busca o aperfeiçoamento de um processo já industrializado, porém o setor da construção civil está uma etapa atrás, buscando sua industrialização.

REFERÊNCIAS

GALLAS, Cristiano André; DE LIMA NUNES, Fabiano. Redução de perdas a partir de uma proposta de alteração de layout em uma empresa prestadora de serviços: Um estudo de caso. **Revista ESPACIOS Vol. 37 (Nº 11) Ano 2016**, 2016.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção, mais do que simplesmente just-in-time**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

MONTEIRO FILHA, D. C.; COSTA, A. C. R.; ROCHA, É. R. P. Perspectivas e desafios para inovar na construção civil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 31, p. 353-410, mar. 2010.

OHNO, T.; O sistema Toyota de Produção Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Editora Bookman, 1997.

SHINGO, Shigeo. **Study of Toyotata Production System, from Industnal Engmeenlg View Ponint, Japan Management Assoclation**, 3-1-22, Shiha-Park Minatu-Hu, Tokyo, Japan, 1981.

SHINGO, Shigeo. **A Revolution in Manufacturing - The SMED System**, Productivity Press, Cambridge, Massachussets, Norwalk, Connecticut, 1985.

SHINGO, Shigeo. **Zero Quality Control; Source Inspection and the Poka-Yoke System**. Productivity Press, Cambridge, Massachussets and Norwalk, Connecticut, 1986.

GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
MATERIAIS E SISTEMASREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR
METAIS PESADOS

Alunos: Pedro Vitor Parmigiani, João Vitor Orso, Vinícius André Tochetto,
Giovani Jordi Bruschi, Éverton Loregian e Natália Smaniotto Bach
Orientadora: Suelen Cristina Vanzetto

RESUMO

Os solos podem ficar contaminados por metais pesados devido às atividades antrópicas ou por processos naturais, sendo que, sua concentração total persiste por muito tempo após a sua introdução. Técnicas de remediação são utilizadas com o intuito de amenizar os efeitos causados pela presença dos átomos metálicos no solo, promovendo a retirada destes, através de plantas com atributos específicos, ou ainda com biocarvões. Este artigo apresenta duas técnicas de remediação de solos demonstrando sua eficiência como alternativa à remoção de áreas degradadas por metais pesados. Porém, estudos de área devem ser mais explorados tendo em vista os danos que o ambiente vem sofrendo devido a crescente demanda de metais pesados no solo.

Palavras-chave: Solos. Metais Pesados. Remediação.

1 INTRODUÇÃO

No passado, a contaminação do solo não era considerada tão importante quanto a poluição do ar e da água. No entanto, nos últimos anos, a ocorrência de áreas degradadas por metais pesados tornou-se cada vez mais frequente e preocupante.

O grande desenvolvimento industrial tem acarretado muitos danos ao meio ambiente, dentre os quais se destaca o aumento da contaminação de solos devido à presença de metais pesados, colocando em risco a qualidade do solo, a sobrevivência das plantas e a saúde humana. O setor econômico também é prejudicado, trazendo prejuízos financeiros, ocasionado pelas perdas de safras e consequentemente de produtos (PEREIRA; OLIVEIRA, 2014).

O sistema de transferência de metais pesados solo-plantas é um processo natural componente da ciclagem biogeoquímica de elementos químicos da natureza. Porém, tem sido cada vez mais comum a constatação de contaminação do solo por metais pesados oriundos de atividades antrópicas, e essas áreas afetadas devem ser, por imposição legal, recuperadas (PEREIRA; OLIVEIRA, 2014).

Ao contrário das substâncias orgânicas, os metais pesados não são degradáveis e se acumulam no meio ambiente. Enquanto alguns solos podem apresentar altos níveis de metais pesados devido à atividade vulcânica ou pelo intemperismo, as atividades antrópicas, incluindo fundição, mineração, uso de pesticidas, fertilizantes, queima de combustíveis fósseis entre outros, também são responsáveis pela presença de metais pesados (PAZ FERREIRO, et al., 2014).

Diante disso, estratégias eficazes e duradouras têm sido desenvolvidas para a remediação de solos contaminados por metais pesados. Tecnologias atuais envolvem métodos físicos e químicos, tais como encapsulamento, solidificação, estabilização, eletrocinética, vitrificação, extração de vapor e lavagem do solo, porém estas técnicas são caras e não tornam o solo adequado para crescimento de plantas (CHIBUIKE; OBIORA, 2014).

Diante disso, a fitorremediação e o biocarvão são as duas tecnologias ambientais sólidas que parecem estar na vanguarda para mitigar a poluição do solo (PAZ FERREIRO et al., 2014). Ambas as técnicas serão abordadas neste artigo.

Portanto, a redução dos impactos causados pela poluição do solo e da água é fundamental para a melhoria da qualidade ambiental e a garantia de qualidade de vida. Sendo assim, o desenvolvimento e implantação de técnicas de remediação contam com a realização de pesquisas sobre as diferentes condições ambientais, bem como de metodologias para recuperar cada local, proporcionando, dessa forma, melhor avaliação do ecossistema e dos processos ecológicos que ocorrem no ambiente (OLIVEIRA et al., 2015).

2 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo exploratório, que tem como finalidade ampliar o conhecimento sobre a degradação de áreas por meio da presença de metais pesado, de modo a difundir informações sobre técnicas de remediação que possam colaborar com a recuperação destes locais.

O delineamento utilizado foi à pesquisa bibliográfica, que empregou fontes secundárias, artigos e textos científicos ligados ao tema.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Metais pesados no solo

Após a descoberta dos metais, no princípio do Neolítico, estes passaram a ser definidos como um grupo de elementos químicos, sólidos no seu estado puro. Dentro do grupo destes elementos existem alguns que apresentam uma densidade ainda mais elevada do que a os demais, e, por isso são denominados metais pesados, como o mercúrio, chumbo, cádmio e o arsênio (RIBEIRO, 2013).

As principais propriedades dos metais pesados são os elevados níveis de reatividade e bioacumulação. Isto significa que estes elementos, além de serem capazes

de desencadear diversas reações químicas não metabolizáveis também tem a capacidade de serem cumulativos ao longo da cadeia alimentar, podendo ainda desencadear toxicidade, principalmente nas plantas (RIBEIRO, 2013; ALVARENGA, 2016).

As principais fontes antropogênicas de metais pesados incluem atividades mineiras, atividades de fundição de metal, atividades de agricultura (em que há introdução de pesticidas e fertilizantes com componentes metálicos), queima de combustíveis fósseis, atividades industriais metalúrgicas, atividades de eliminação de resíduos, atividades de treinamento militar (RIBEIRO, 2013).

Os metais pesados podem estar dispostos no solo em diferentes formas. Sua distribuição é influenciada por algumas propriedades do solo como o pH, potencial redox, textura, composição mineral, toxicidade, componentes orgânicos do solo, presença de outros metais pesados, temperatura do solo, conteúdo de água e outros fatores que afetam a atividade microbiana. Estes fatores que afetam a distribuição dos metais pesados no solo controlam a sua mobilidade no meio e disponibilidade às plantas (COSTA et., 2015).

A mobilidade dos metais no solo é de extrema importância, tanto em termos da sua disponibilidade para as plantas e entrada na cadeia alimentar, como no potencial de migração para as águas subterrâneas. Todos os metais contaminantes no solo de origem antropogênica encontram-se normalmente na solução do solo na forma biodisponível ou em compostos precipitados (GASPAR, 2017).

A biodisponibilidade de um metal refere-se à quantidade que determinado contaminante é absorvido ou metabolizado pelo homem ou por agentes receptores ecológicos. Desta maneira a quantidade de metal biodisponível é mais importante para a avaliação da toxicidade de um solo do que a quantidade de metal total (ALVARENGA, 2016).

3.2 Técnicas de remediação de solo

No planejamento de remediação de locais contaminados é essencial conhecer as alternativas tecnológicas que estão disponíveis. O sistema de remediação a ser adotado ao local contaminado deve atender claramente aos objetivos da remediação estabelecendo se a descontaminação será efetuada de modo que se possa ser utilizada a área para qualquer fim no futuro, ou se deve ser efetuada até um dado nível, atendendo à previsão do uso futuro do local e o valor econômico (GASPAR, 2017).

Os locais contaminados devem ser sujeitos a uma caracterização minuciosa a fim de verificar a natureza e extensão do contaminante e avaliar possíveis ameaças à saúde pública e ao ambiente. Uma avaliação preliminar deve ser realizada com o intuito de definir o problema existente no local, confirmada esta etapa é efetuada uma sequência de atividades planejadas, que compreendem a identificação dos principais riscos, amostragem e análise, para posterior escolha do método utilizado (GASPAR, 2017).

3.2.1 Fitorremediação

A fitorremediação é uma técnica de recuperação de ambientes que consiste na tentativa de reduzir os níveis de contaminação a níveis seguros para a saúde humana e ambiental. É caracterizada pela utilização de vegetais que, por viver em simbiose com outros organismos e se desenvolver em solos contaminados com metais pesados e compostos orgânicos atuam na redução desses contaminantes (SOUZA, 2010).

Uma das estratégias utilizadas é a introdução de diferentes técnicas aplicadas em conjunto, com os mesmos princípios da fitorremediação como a fitoestabilização. Neste processo, utilizam-se plantas e agentes amenizantes do solo, como o calcário para remover, imobilizar ou tornar os contaminantes menos nocivos ao ecossistema (CARNEIRO et al., 2001).

Para cada elemento, espécie de planta e fase de crescimento a distribuição e acúmulo de contaminantes variam, mas normalmente, o principal órgão, tanto de absorção quanto de acúmulo, é a raiz. As plantas ainda podem acumular metais pesados em seus tecidos devido à grande habilidade de se adaptarem às várias condições químicas do ambiente. Desta maneira, as plantas são consideradas como um reservatório de elementos metálicos presentes no solo, água e ar (SOUZA, 2010).

Como os metais pesados não podem ser biodegradados, a bioestimulação pode indiretamente melhorar a remediação de metais pesados no solo através da alteração do pH do solo. Sabe-se que a adição de materiais orgânicos reduz o pH do solo, isso subsequente aumenta a solubilidade e, portanto, a biodisponibilidade de metais pesados que podem ser facilmente extraídos (CHIBUIKE; OBIORA, 2014).

Essa técnica é vantajosa, pois sua aplicação é *in situ* e de baixo custo e, além disso, pode ser aplicada a extensas áreas sem acarretar o risco de contaminações secundárias. Entretanto, um de seus requisitos básicos é encontrar plantas tolerantes a cada contaminante o que pode levar tempo para obter resultados satisfatórios (TAVARES et al., 2013).

Entretanto, a quantidade de metal extraído do solo depende não apenas das espécies vegetais utilizadas, mas também do tipo de solo e clima da região. Existem vários problemas associados à eficácia desta técnica de remediação. A fitorremediação pode não ser adequada para áreas onde a concentração de metais pesados é muito elevado, pois as plantas podem apresentar sintomas de fitotoxicidade. Além disso, a maioria dos fitoacumuladores tem baixa taxa de crescimento ou produzem pouca biomassa, limitando a quantidade de metal absorvida (SHAO et al., 2011).

3.2.2 Biocarvão

Biocarvão é um material orgânico que está sendo atualmente explorado pelo seu potencial na gestão de solos poluídos com metais pesados. Namgay et al., 2010, registrou uma redução na disponibilidade de metais pesados quando o solo poluído era alterado com biocarvão. Notou também, que as características do biocarvão variam muito dependendo de seu método de produção e matéria-prima utilizada em sua produção,

sendo assim, o efeito que as diferentes alterações do biocarvão terão no solo também será diferente.

O biocarvão é um produto carbonoso poroso obtido a partir do pirólise de materiais orgânicos. Vários materiais podem ser utilizados como matérias-primas, incluindo lamas, materiais vegetais e adubos. Embora o uso de carvão vegetal (biocarvão de madeira) tenha tem sido comum desde tempos antigos, a idéia de usar outras matérias-primas para a produção de biocarvão são recentes e relativamente inexploradas (CHIBUIKE; OBIORA, 2014).

Normalmente os biocarvões possuem alta capacidade de troca catiônica, são alcalinos e altamente benéficos às propriedades do solo, pois aumentam a atividade biológica do mesmo, diminuindo emissões de gases de efeito estufa do solo gerado por fontes agrícolas (LEHMANN et al., 2011).

Melhorias no rendimento das plantas após a adição de biocarvão também foram percebidas, e são atribuídas ao aumento da retenção de água e nutrientes, melhorando as propriedades biológicas, e o pH do solo (GRABER et al., 2010). Além disso, pelo fato de alterarem e melhorarem a comunidade microbiana do solo podem gerar organismos benéficos que produzem antibioticos e podem proteger plantas contra patógenos.

Diante disso, estudos são necessários para entender o efeito de biocarvão em microrganismos do solo e como a interação entre biocarvão e micróbios do solo influencia na remediação de solos poluídos de metais pesados, pois por se tratar de uma técnica extremamente nova, seu estudo ainda é raro na literatura.

4 DISCUSSÃO

A destruição das coberturas vegetais em áreas contaminadas por elementos de alta toxicidade agrava a degradação do solo, sendo assim, a recuperação desses ambientes necessita estudos de diversas naturezas. E em se tratando de revegetação, a identificação de espécies tolerantes ou com capacidade de acumular os contaminantes mostra-se fundamental para o sucesso do processo (SOUZA, 2010).

Embora seja o solo uma barreira natural os fatores que governam sua capacidade em reter metais pesados são extremamente complexos, o que dificulta o seu entendimento e as possibilidades de previsão acerca do comportamento desses elementos, principalmente a longo prazo (SU et al., 2014).

A fitorremediação tem ganhando força devido ao fato de ser mais barata do que os métodos de “limpeza” convencionais. Blaylock et al., 1997, observou em seus estudos uma economia de 50% a 65% quando a biorremediação foi usada para tratamento de 1 hectare de solo poluído com chumbo (Pb) comparado a um método convencional (escavação e aterro), comprovando a eficácia do processo.

Entretanto, não é uma tecnologia fácil, em que consiste apenas em colher algumas plantas hiperacumulativas e plantá-las em áreas poluídas por metais. Pelo contrário, seu uso é altamente técnico, exigindo projetistas especializados com muita experiência de campo, que saibam selecionar as espécies adequadas para cada tipo de metal, bem

como a cultura das mesmas em regiões específicas (e a combinação dos dois fatores). Assim, gerenciar todo o sistema a fim de maximizar a eficiência de remoção de poluentes (PEREIRA; OLIVEIRA, 2014).

Já o biocarvão, se tratando de uma técnica extremamente nova, pode ser considerado uma função de vários fatores, incluindo o tipo de matéria-prima, o tamanho das partículas da matéria-prima, temperatura e condições de pirólise. Devido à vasta gama de características que o biocarvão dispõe, pode possuir alguns materiais específicos mais adequados do que outros para remediar diferentes metais pesados (PAZ FERREIRO et al., 2014).

Alguns estudos em solo alterado com biocarvão foram realizados e mostraram uma redução significativa de metais como cádmio e zinco em poros de água. No entanto, as concentrações de cobre e arsênio aumentaram (BEESLEY et al., 2011). Sendo assim, é importante caracterizar as características físico-químicas, estruturais e a maneira que os materiais que compõem o biocarvão podem desempenhar na mobilidade do metal em solos contaminados alterados.

Portanto, ao selecionar um biocarvão para fins de remediação, os cientistas devem estar cientes não só do tipo e características do solo, mas também das propriedades do biocarvão. Além disso, deve ser considerado que algumas de suas propriedades como área superficial, pH, teor de cinzas e carbono, pode ser afetado pelos pós-tratamentos e, assim, interferir na imobilização dos metais pesados (LIMA et al., 2014).

Em princípio, alguns autores afirmam que o biocarvão preparado a partir de qualquer material tem o potencial de aumentar o rendimento da planta e, portanto, ser usado em combinação com fitorremediação. Além disso, tem havido um interesse recente sobre a possibilidade de combinar a fitorremediação com outros usos potenciais da planta, como o uso de plantas que podem ser usadas para obter bioenergia (de ABREU et al., 2012).

5 CONCLUSÃO

Em qualquer caso, a fitorremediação definitivamente tem um grande potencial para a remoção de metais do solo apresentando-se como uma alternativa mais rentável do que os métodos convencionais de remediação, uma vez que muitas decisões são baseadas na base de análise rigorosa de custo-benefício, a pressão econômica (PEREIRA; OLIVEIRA, 2014). A chave do método é encontrar o tipo adequado de planta que tenha capacidade de acumulação e tolerância a metais pesados (SU et al., 2014).

Como citado anteriormente, biocarvões e a fitorremediação têm potencial para serem combinados na remediação de metais pesados. O biocarvão pode reduzir a biodisponibilidade de metais no solo, enquanto a fitorremediação pode reduzir a quantidade (PAZ FERREIRO, et al., 2014).

Porém, os estudos realizados com ambas as técnicas foram realizados em condições laboratoriais, e em curto período de tempo, o que pode gerar certa dúvida sobre a sua real eficiência. Por este motivo, mais pesquisas serão necessárias para compreender os processos, assim, ensaios de campo bem projetados, em grande escala

e de longo prazo serão essenciais para avaliar a viabilidade tanto operacional como econômica dessas técnicas.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, P. **Conceitos fundamentais em ciências do solo - 2ª parte**. Instituto Politécnico de Beja, Escola Superior Agrária de Beja, 2016.

BEESLEY, L.; MORENO J., E.; GÓMEZ E., J. L.; HARRIS, E.; ROBINSON, B.; SIZMUR, T.: A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. **Environ Pollut.**, 159, 3269–3282, 2011.

BLAYLOCK, M. J.; SALT, D. E.; DUSHENKOV, S. Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. **Environmental Science and Technology**, vol. 31, no. 3, pp. 860–865, 1997.

CARNEIRO, M. A.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. Estabelecimento de plantas herbáceas em solo com contaminação de metais pesados e inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.6, n.12, p.1443-1452, dez. 2001.

CHIBUIKE, G. U.; OBIORA, S. C. Heavy metals polluted soils: Effect on plants and Bioremediation Methods. **Applied and Environmental Soil Science**. 2014.

COSTA, C.; BRITO, G.; VENDAS, D.; LOPES, M.; CAMELO, A. **Solos Contaminados - O Problema e as Soluções de Remediação**. Brochura Técnica, Associação Portuguesa de Empresas de Tecnologias Ambientais, 2015.

de ABREU, C. A.; COSCIONE, A. R.; PIRES, A. M.; PAZ FERREIRO, J. Phytoremediation of a soil contaminated by heavy metals and boron using castor oil plants and organic matter amendments. **Explor**, 123, 3–7, 2012.

GASPAR, P. C. **Avaliação da contaminação por metais pesados no solo no Campo de Tiro de Alcochete**. Dissertação de mestrado - Instituto Politécnico de Beja. Beja, 2017.

GRABER E. R.; MELLER-HAREL, Y.; KOLTON, M.; CYTRYN, E.; SILBER, A.; RAY D. D.; TSECHANSKY L.; BORENSHTEIN M.; ELAD, Y. Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media, **Plant Soil**, 337, 481–496, 2010.

LEHMANN, J.; RILLIG, M. C.; THIES, J.; MASIELLO, C. A.; HOCKADAY W. C.; CROWLEY, D.: Biochar effects on soil biota. A review, *Soil Biol. Biochem*, 43, 1812–1836, 2011.

PARMIGIANI, P. V.; ORSO, J. V.; TOCHETTO, V. A.; BRUSCHI, G. J.; LOREGIAN, E.; BACH, N, S.; VANZETTO, S. C.

Remediação de solos contaminados por metais pesados

LIMA, I. M.; BOYKIN, D. L.; KLASSON, K. T.; UCHIMIYA, M. Influence of post-treatment strategies on the properties of activated chars from broiler manure, **Chemosphere**, 95, 96–104, 2014.

NAMGAY, T.; SINGH, B.; SINGH, B. P.: Influence of biochar application to soil on the availability of As, Cd, Cu, Pb, and Zn to maize (*Zea mays* L.), **J. Aust. Soil Res.**, 48, 638–647, 2010.

OLIVEIRA, A. P. G.; MARCÍLIO, G. S., MENDES, D. F., SOUZA, T. S., AMARAL, A. A. Revegetação, remediação e uso de geotécnicas para recuperação de ambientes degradados. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22, 2015.

PAZ FERREIRO, J.; LU, H.; FU, S.; MÉNDEZ A.; GASCÓ, G. Use of phytoremediation and biochar to remediate heavy metal polluted soil: a review. **Solid Earth**, 5, 65–75, 2014.

PEREIRA, M. J.; OLIVEIRA, T. D. **O uso da fitorremediação na recuperação de solos expostos a metais pesados**. In: Anais do Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão (ENEPEX). Dourados, Mato Grosso do Sul, 2014.

RIBEIRO, M. A. **Contaminação de solos por metais pesados**. Dissertação de Mestrado - Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Faculdade de Engenharia, Lisboa, 2013.

SHAO, H.; CHU, L. Y.; XU, G.; Yan, K.; ZHANG, L. H.; SUN, J. N.: Progress in phytoremediating heavy-metal contaminated soils, in: Detoxification of Heavy Metals, **Springer**, p 73–90, 2011.

SOUZA, M, R, F. **Fitorremediação de solo contaminado por Metais Pesados**. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix. Belo Horizonte, 2010.

SU, C.; LIQUIN J.; WENJUN Z. A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation techniques. **Environmental Skeptics and Critics**, 2014.

TAVARES, S. R. L.; OLIVEIRA, S. A.; SALGADO, C. M. **Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados**. In: Congresso Brasileiro de Ciências dos Solos (Anais). Florianópolis, 2013.

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DE FIBRAS DE NYLON EM CONCRETOS DE
ALTA RESISTÊNCIA (CAR) SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS****Aluno (a): Raquel Roman, Beatriz Schimelfenig, Mariana Zucchi Vargas****Orientador: Prof^a. Dr^a. Cristina das Silva Vitorino****INTRODUÇÃO**

Analisando o aspecto de durabilidade do concreto quando exposto a altas temperaturas, percebeu-se que diferentes tipos de concreto apresentam desempenhos diversos. Embora o concreto demonstre um comportamento satisfatório quando em situação de calor extremo (não é um material combustível, não é bom condutor térmico e não expeli gases tóxicos), ele apresenta relativa tolerância ao fogo quanto à sua capacidade estrutural (LIMA, 2005). Neste contexto, o Concreto de Alta Resistência (CAR), que possui uma matriz mais densa, passou a ser alvo de estudos científicos.

O CAR apresenta comportamento adverso no decorrer de um incêndio: o lascamento explosivo (efeito *spalling*). Este fenômeno ocorre em função da microestrutura muito compacta do CAR, o que dificulta a liberação do vapor e, conseqüentemente, o alívio de pressão (SILVA, 2015). Quando a água presente na matriz cimentícia evapora, ocorre o acréscimo de pressão nos poros do concreto. Este fator somado às tensões geradas pela deformação térmica podem provocar deslocamentos. Com a ocorrência destes efeitos, há perdas de porções consideráveis de material estrutural, conseqüentemente há redução da capacidade resistente deste elemento, podendo expor a armadura à ação direta do fogo e, ainda, o aquecimento progressivo das camadas internas do concreto expostas com a perda da superfície (COSTA; SILVA, 2002).

Na expectativa de reduzir o efeito *spalling* em Concretos de Alta Resistência (CAR), a adição de fibras incorporadas a essa mistura veio como uma solução adequada. De acordo com Nince (2006), o uso de fibras de baixo ponto de fusão diminui o risco de lascamento do concreto através da formação de uma rede de vazios e canais, criados pela decomposição destas fibras após o aquecimento, que permitem a dissipação da pressão de vapor, diminuindo as tensões de tração internas, que causam este fenômeno.

Em Concretos de Alta Resistência experimentos com fibras já provaram a diminuição de lascamentos explosivos, sendo que o comportamento deste frente ao calor torna-se semelhante ao do concreto convencional. Song, Hwang e Sheu (2005) realizaram um estudo comparando a utilização de fibras de *nylon* com as de polipropileno em concretos. Concluíram que as fibras de *nylon* foram mais eficientes em relação às de polipropileno quanto a influência nas propriedades mecânicas, e em relação às trincas de contração.

Neste estudo, buscou-se minimizar ou eliminar o efeito *spalling* através da adição de macrofibras de *nylon* ao concreto de alta resistência. Foram realizados os ensaios de perda de massa e análise de coloração, em corpos de prova cilíndricos (10 x 20cm) submetidos a diferentes temperaturas (23, 400 e 800°C) e tempos de exposição (0, 30 e 60 min), sem e com adição de fibras de *nylon*. Os resultados demonstraram que os CP's com a fibra incorporada em sua formulação apresentaram menores danos, sendo esta uma alternativa eficiente para redução do fenômeno *spalling*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente, realizou-se a caracterização de todos os materiais utilizados. A segunda etapa compreendeu a moldagem dos corpos de prova e a realização dos ensaios pré-estabelecidos com a finalidade de analisar os resultados e obter conclusões. Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Preparação de Amostras Técnicas Construtivas da Uri-Erechim/RS.

Os parâmetros escolhidos para serem avaliados como fatores controláveis, são: teor de adição de macrofibras de *nylon* (0 e 1,0% substituição ao volume de concreto); temperatura de exposição (23°C, 400°C e 800°C) e tempo de exposição (0, 30 e 60min). Dentro do programa, as variáveis de resposta selecionadas foram análise da perda de massa e análise da coloração.

Para esta pesquisa adotou-se o cimento CP V-ARI. Foram realizados ensaios para sua caracterização física, como determinação da massa específica (3,08g/cm³) e da finura Blaine (2,22cm²/g), conforme as normas que regem a realizações destes ensaios. Os valores obtidos nos estão dentro dos limites estabelecidos por norma.

A areia média natural de origem quartzosa foi o agregado miúdo utilizado. A areia foi caracterizada através dos ensaios de massa específica, massa unitária e composição granulométrica. Esta areia apresentou um módulo de finura de 1,62 e está contida na zona granulométrica utilizável inferior, com dimensão máxima característica de 2,36mm. Apresentou massa específica de 2,58g/cm³ e massa unitária de 1,54g/cm³.

O agregado graúdo utilizado é de origem basáltica comercialmente conhecido como brita 1. Os resultados da caracterização física e os limites da distribuição granulométrica estão em conformidade com os limites estabelecidos por norma. A brita utilizada apresentou um módulo de finura de 7,01 com dimensão máxima característica de 25mm, massa específica de 2,92g/cm³, massa unitária de 1,60g/cm³ e absorção de água 78%.

A sílica ativa utilizada na produção do concreto apresentou massa específica de 2,22 g/cm³. Utilizou-se a substituição de 10% do volume de cimento por sílica ativa.

No presente estudo foi utilizado um aditivo superplastificante para concretos, a base de policarboxilatos, isento de cloretos, e compatível com todos os tipos de cimento Portland, atendendo requisitos das normas NBR 11768 (ABNT, 2011) (tipo SP-II N). A densidade deste aditivo é 1,1g/cm³. O uso do aditivo químico é feito para compensar a perda na trabalhabilidade do CAR, já que este tipo de concreto tem uma baixa relação água/cimento e muitos finos na mistura.

As fibras de *nylon* utilizadas no presente estudo foram obtidas através de doação por empresa recicladora de polímeros. A massa específica desta fibra é 1,14g/cm³.

A dosagem do concreto para a confecção dos corpos de prova seguiu o método IPT/EPUSP Modificado, proposto para dosagem de concretos de alta resistência (CAR), com o objetivo de dosar um traço com a resistência desejada. A especificação para o abatimento de tronco de cone de 130 ± 20 mm e resistência à compressão aos 28 dias da ordem de 55 MPa. Neste estudo foi empregado o traço de 1:5 para produção dos corpos de prova, por seu menor consumo de cimento e atendimento da resistência desejada (386,48Kg/m³).

Foram confeccionados dos 80 corpos de prova cilíndricos, com dimensões de 20cm de altura e 10cm de diâmetro. A mistura dos materiais foi feita de forma mecânica em betoneira de eixo vertical, previamente imprimada, seguindo sempre a mesma ordem de mistura para todos os traços. O adensamento do concreto foi realizado com vibrador de imersão e os corpos de prova foram armazenados em câmara úmida durante 28 dias.

O aquecimento dos corpos de prova foi realizado aos 28 dias, com uma mufla da marca SPLABOR, com capacidade térmica de 1200°C disponível no Laboratório de Engenharia Mecânica (Usinagem e Soldagem), a uma taxa de aquecimento constante de 12°C/min até atingirem as temperaturas desejadas. Os corpos de prova permaneceram expostos ao calor pelos tempos pré-definidos de 30min e 60min. Após o aquecimento, os corpos de prova foram deixados resfriar naturalmente por cerca de 24h, até atingirem temperatura ambiente.

O ensaio de coloração foi realizado através de inspeção visual, no qual analisou-se a cor dos corpos de prova de concreto após submetê-los a altas temperaturas, correlacionando à temperatura máxima atingida. De um modo geral, a alteração na cor deve-se à presença de componentes ferrosos e pode ser utilizada como um parâmetro que indica a máxima temperatura atingida e a duração do aquecimento.

O ensaio da perda de massa consistiu na pesagem dos corpos de prova antes e depois de submetidos a altas temperaturas, uma vez que a massa específica do concreto varia sensivelmente durante o aumento de temperatura, devido à evaporação da água livre e do aumento do volume dos agregados causado pela expansão térmica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da coloração é uma ferramenta importante para avaliar o nível de deterioração da matriz, já que esta é uma característica permanente aos corpos de prova de concreto submetidos a altas temperaturas (PINTO, 2018). De acordo com a literatura, as mudanças de coloração dos agregados utilizados no concreto é que ocasionam as alterações de cor do corpo de prova, fato este já foi descrito por diversos autores, tais como Cánovas (1988) e Wendt (2006), entre outros. Na Tabela 1, verifica-se a mudança de coloração nos CP's com e sem fibras e nas 2 temperaturas de aquecimento e à temperatura ambiente (23°C).

Tabela 1 – Coloração dos CP's submetidos a altas temperaturas

Teor de Adição	Aspecto sem exposição a altas temperaturas	Aspecto após exposição a 400°C	Aspecto após exposição a 800°C
0,0%			
1,0%			

Fonte: AUTORA (2018)

Observa-se que para os concretos sem adição de fibra, aos 400°C, não ocorre mudança de coloração; já para 800°C, os CP's apresentavam cor cinza com pontos avermelhados. Os corpos de prova com teor de adição de 1,0% de fibra de *nylon*, apresentavam na temperatura ambiente a coloração cinza, aos 400°C adquiriram uma leve coloração rosa/ avermelhada que se concentrava, principalmente, na região inferior dos CP's, associada ao surgimento de escorrimentos escuros causados pelo derretimento da fibra. Por fim, ao atingirem os 800°C, assumiram uma coloração cinza

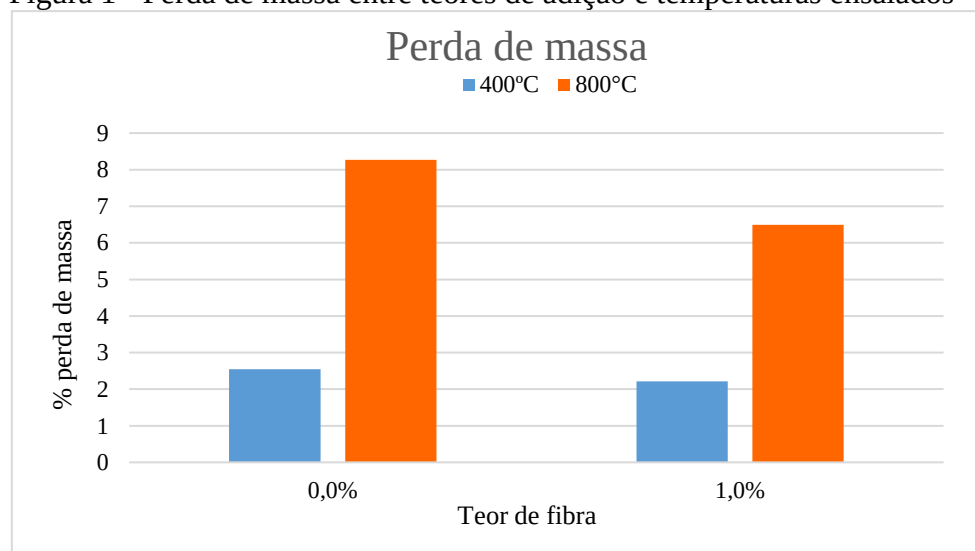
clara na parte superior, e na parte inferior evidenciaram-se ainda mais os manchamentos devido ao escorrimento da fibra.

O que se pode concluir, portanto, é que através da comparação colorimétrica com um concreto não exposto é possível indicar o nível de temperatura a qual uma matriz foi submetida, especialmente para os casos que envolvem elevadas temperaturas de exposição e maiores níveis de degradação.

A perda de massa é quantificada pela relação entre a pesagem dos corpos de prova antes e após a exposição às altas temperaturas. Essa diferença ocorre em função da evaporação da água livre presente na matriz do concreto, e também, pela expansão térmica dos agregados, visto que ocupam cerca de 60 a 80% do volume do concreto, influenciando na variação da massa específica conforme sua dilatação térmica.

Analisando o gráfico da Figura 1, é possível verificar que há maior perda de massa com o incremento de temperatura, o que resulta em acréscimo na porosidade. De acordo com o exposto por Lima (2005), o efeito pode ser associado com mudanças de fase ou transformações químicas que ocorrem na matriz. Outra constatação observada, é que o concreto com adição de fibra de *nylon* teve menor perda de massa, especialmente às temperaturas mais elevadas.

Figura 1 - Perda de massa entre teores de adição e temperaturas ensaiados



Fonte: AUTORA (2018)

Como uma consequência direta do aumento da temperatura, a perda de massa é associada à perda de água, eliminada no estado de vapor e também a mudança de fase da fibra de *nylon*, que passa a ser líquida até não ocupar mais um volume no interior do concreto endurecido. O fenômeno de deslocamento foi visto nos concretos sem a fibra principalmente na temperatura de 800°C. Já nos concretos com adição de fibra de *nylon* não foi registrado efeito spalling em nenhum corpo de prova, tornando esta medida um mecanismo de proteção eficiente e capaz de combater o fenômeno.

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento do Concreto de Alta Resistência (CAR) submetido a altas temperaturas, associado com fibras de *nylon*, com a expectativa

de obter desempenho satisfatório nos ensaios realizados em laboratório, além de ser uma alternativa viável no que diz respeito a minimização dos efeitos de lascamento explosivo do concreto (*spalling*).

A partir da análise das mudanças de coloração dos CP's e da perda de massa comprovou-se o comportamento explosivo do CAR em situações de altas temperaturas e a eficácia da fibra de *nylon* no controle do efeito *spalling*. A adição das fibras praticamente eliminou os danos apresentados pelos CP's de referência (sem fibra) sujeitos a 400°C e minimizou os efeitos dos CP's sujeitos a 800 °C, indicando que o derretimento da fibra aumentou a porosidade do material e reduziu os danos causados pela poro-pressão, sendo uma alternativa eficiente para eliminação do fenômeno *spalling*.

REFERÊNCIAS

CÁNOVAZ, Manuel F. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Pini, 1988.

COSTA, Carla N., SILVA, Valdir P. **Estruturas de concreto armado em situação de incêndio**. XXX Jornadas sul-americanas de engenharia estrutural. China. Brasília, 2002.

LIMA, Rogério C. A. de. **Investigação do comportamento de concretos em temperaturas elevadas**. Tese Doutorado em Engenharia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

NINCE, A. A. **Lascamento do concreto exposto a altas temperaturas**. 2006. 300 f. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PINTO, Milena F. **Análise do concreto de alta resistência (CAR) com adição de fibras de politereftalato de etileno (PET) submetido a altas temperaturas**. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Erechim, 2018.

SILVA, Kelen C. L. S. **Estudo do efeito da fibra de polipropileno no concreto quando submetido à altas temperaturas**. Universidade do Extremo Sul Catarinense 2015.

WENDT, S. C. **Análise da Mudança de Cor em Concretos Submetidos a Altas Temperaturas como Indicativo de Temperaturas Alcançadas e da Degradação Térmica**. Porto Alegre: PPGECC/UFRGS, 2006.

SONG, P.S.; HWANG, S.; SHEU, B.C. **Strength properties of nylon- and polypropylene-fiber-reinforced concretes**. Cement and Concrete Research, v. 35, p. 1546 – 1550, 2005.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE COLETA, TRANSPORTE, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE MARCELINO RAMOS-RS RENATO DA CONCEIÇÃO

Orientadora: PROF^a. MSC. ROBERTA FÁTIMA NEUMEISTER



INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste em um estudo de viabilidade técnica e econômica para a implantação de um sistema de coleta, transporte, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos esgotos sanitários do município de Marcelino Ramos – RS, que, no atual momento, não dispõe de sistemas coletivos, apenas com tanque séptico e filtro anaeróbio e, em alguns casos, com ausência dos mesmos e despejo no manancial superficial, o Rio Uruguai.

O saneamento básico, definido com as diretrizes da Lei 11.445/2007 é o conjunto de sistemas e serviços relacionados ao abastecimento de água potável, drenagem e o manejo de águas pluviais, coleta e tratamento de afluentes sanitários, manejo adequado de resíduos sólidos (BRASIL, 2007).

Os sistemas de saneamento básico têm grande importância para a manutenção da qualidade de vida da população, proteção à saúde e manutenção dos recursos naturais. O estudo de viabilidade técnica e econômica de um sistema de coleta, transporte tratamento e destinação final para esgotamento sanitário é a fase de avaliação da melhor alternativa possível, considerando também, as questões técnicas e financeiras.

O presente trabalho tem os seguintes objetivos específicos: quantificar a geração de afluentes de esgotos do perímetro urbano do município de Marcelino Ramos; identificar as possíveis áreas de implantação da ETE; dimensionar de forma estimada a extensão da rede de coleta e transporte de afluentes; selecionar uma tecnologia de tratamento; quantificar os custos estimados de instalação dos sistemas.

METODOLOGIA

A metodologia de execução é através da criação de propostas/cenários para implantação de sistemas de coleta, transporte e tratamento dos esgotos do município de Marcelino Ramos com a separação do município em zonas e bairros que representam bacias de drenagem, sendo elas: zonas Oeste e Leste, bairros Balneário, Cruzeiro e Vista Alegre.

Os mapas do perímetro urbano que fazem parte do Plano Diretor serviram como base para o traçado da rede e a escolha da área para implantação dos sistemas. Para o dimensionamento segue as normas da ABNT e as diretrizes da CORSAN para concepção de obras de esgotamento sanitário. As fórmulas utilizadas para estimativa do esgoto gerado e dimensionamento da rede coletora estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Fórmulas para estimativa da geração de esgotos e dimensionamento da rede coletora

Equação	Descrição	Nº
$Q_{esg} = \frac{P \times q \times k_1 \times K_2 \times C}{84600}$	Q_{esg} : vazão de esgotos em L/s P : população do trecho, dada pela equação (4); Q : consumo médio em litros por habitante dia; k_1 : coeficiente de máxima vazão diária (adimensional); k_2 : coeficiente de máxima vazão horária (adimensional); C : coeficiente de retorno (adimensional).	(1)
$P = n. de econ \times hab/econ.$	$n.econ$: número de economias no trecho $hab/econ.$: número de habitantes por economia	(2)
$Q_{dom.} = \frac{P \times q \times C}{1000}$	$Q_{dom.}$: Vazão domiciliar (m³/dia)	(3)
$Q_{total} = Q_{esg} + Q_{inf} + Q_{mont}$	Q_{total} : vazão total no final do trecho em L/s Q_{esg} : vazão do trecho dada pela equação (3) em L/s Q_{inf} : vazão de infiltração em L/s Q_{mont} : vazão a montante do trecho em L/s	(4)
$I = \frac{Cota Jus. - Cota mont.}{L}$	I : declividade (m/m) $Cota jus.$: cota a jusante (m) $Cota mont$: cota a montante (m)	(5)
$D = \left(0,46 \times \frac{Q_{total}}{\sqrt{I}}\right)^{0,375}$	D : diâmetro da tubulação (m)	(6)
$V_{real} = \frac{1}{\eta} \times (Rh)^{0,66} \times I^{0,5}$	V_{real} : Velocidade real (m/s) η : coeficiente de Manning Rh : raio hidráulico (m)	(7)
$V_c = 6(g.R_{H,f})^{0,5}$	V_c : Velocidade crítica (m/s) G : aceleração da gravidade (m/s²) $R_{H,f}$: Raio hidráulico (m)	(8)

O dimensionamento seguiu os padrões da CORSAN para concepção de projetos de redes de esgoto, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de projeto para concepção de redes coletoras de esgotamento sanitários da CORSAN

Descrição	Quantidade	Unidade
População atendida	5	hab/economia
População atendida em balneários	8	hab/economia
Taxa de infiltração	0,5	L/s.km
Consumo de água per capta	200	L/hab.dia
Consumo de água per capta em loteamentos populares	150	L/hab.dia
Coeficiente de máxima vazão diária K1	1,2	-
Coeficiente de máxima vazão horária K2	1,5	-
Coeficiente de mínima vazão horária K3	0,5	-
Coeficiente de retorno C	0,8	-
Recobrimento mínimo em via pública	0,9	m
Diâmetro mínimo	150	mm
Rugosidade	0,0010	Manning
Declividade mínima	5,077	m/km
Vazão inicial mínima	1,5	L/s
Tensão trativa mínima	1	Pa
Lâmina mínima (Y/D)	75	%
Velocidade máxima de escoamento	5	m/s
Distância máxima entre PV'S	120	m

Fonte: CORSAN (2016).

Para o dimensionamento da rede coletora foram utilizados as fórmulas presentes no Quadro 2 com verificação da velocidade, velocidade crítica e lâmina d'água conforme padrões determinados.

Quadro 2 - Fórmulas para o dimensionamento da rede coletora.

Equação	Descrição	Nº
$Q_{total} = Q_{esg} + Q_{inf} + Q_{mont}$	Q_{total} : vazão total no final do trecho em L/s Q_{esg} : vazão do trecho dada pela equação (3) em L/s Q_{inf} : vazão de infiltração em L/s Q_{mont} : vazão a montante do trecho em L/s	(7)
$I = \frac{Cota\ Jus. - Cota\ mont.}{L}$	I : declividade (m/m) $Cota\ jus.$: cota a jusante (m) $Cota\ mont.$: cota a montante (m)	(8)
$D = \left(0,46 \times \frac{Q_{total}}{\sqrt{I}}\right)^{0,375}$	D : diâmetro da tubulação (m)	(9)
$V_{real} = \frac{1}{\eta} \times (Rh)^{0,66} \times I^{0,5}$	V_{real} : Velocidade real (m/s) η : coeficiente de Manning Rh : raio hidráulico (m)	(10)
$V_c = 6(g \cdot R_{H,f})^{0,5}$	V_c : Velocidade crítica (m/s) G : aceleração da gravidade (m/s²) $R_{H,f}$: Raio hidráulico (m)	(11)
$\sigma = \rho \times Rh \times I$	σ : Tensão trativa (Pa) ρ : Peso específico do líquido (10000 N/m³)	(12)

Fonte: ABNT (1986); CORSAN (1016).

O orçamento é executado através da quantificação dos elementos construtivos da rede de coleta e tratamento de esgotos e a sua posterior precificação através da tabela SINAPI – Insumos e Composições para o Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, não Desonerados referente ao mês base de setembro do ano de dois mil e dezoito, com publicação em dezesseis de outubro de dois mil e dezoito disponível no site da Caixa Econômica Federal.

Para o orçamento dos sistemas de tratamento foi executada a pesquisa em uma empresa que fabrica os equipamentos, com atenção aos parâmetros e eficiência estipulados pela Resolução do CONSEMA 355/2017 (Tabela 2) e a vazão de afluentes.

Tabela 2 - Padrões de lançamento de efluentes líquidos sanitários e eficiência de sistemas de tratamento no Estado do Rio Grande do Sul.

Faixa de vazão de efluente (m³/dia)	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	Col. Termot.	
				NPM/100 mL	Eficiência
Q<200	120	330	140	-	-
200 ≤ Q < 500	100	300	100	10 ⁶	90%
500 ≤ Q < 1.000	80	260	80	10 ⁵	95%
1.000 ≤ Q < 2.000	70	200	70	10 ⁵	95%
2.000 ≤ Q < 10.000	60	180	60	10 ⁴	95%
10.000 ≤ Q	40	150	50	10 ³	95%

Fonte: RIO GRANDE DO SUL (2017).

O orçamento está dividido da seguinte forma: instalação de sistema tipo misto nas zonas leste, separador absoluto nos Bairros Balneário, Cruzeiro e Vista Alegre e implantação dos sistemas

de tratamento e; instalação da rede separadora absoluta nas zonas Leste e Oeste no período de cinco anos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A quantidade de efluentes gerados nas diferentes bacias com a utilização das fórmulas do quadro 1 está descrita na Tabela 3.

Tabela 3 - Geração de afluentes por bacia no município de Marcelino Ramos.

Local	Geração (m ³)
Zona Leste	438,05
Zona Oeste	210,816
Balneário	287,7
Cruzeiro	83,83
Vista Alegre	51,192
Total	1068,77

Os resultados para extensão da rede para as diferentes bacias de forma descentralizada, obtida através do traçado nos mapas do perímetro urbano do município que fazem parte do Plano Diretor Municipal estão descritos através da Tabela 4.

Tabela 4 - Extensão necessária de rede coletora do tipo separador absoluto em Marcelino Ramos.

Local	Extensão (m)
Rede Zona Leste	7.921,40
Rede Zona Oeste	3.829,80
Rede Bairro Balneário	2.543,40
Rede Bairro Cruzeiro	1.068,40
Rede Bairro Vista Alegre	491,0
Total	15.854,00

A extensão da rede coletora para as zonas Leste e Oeste e para os Bairros no primeiro ano de projeto e no período de cinco anos está representada através da Figura 1.

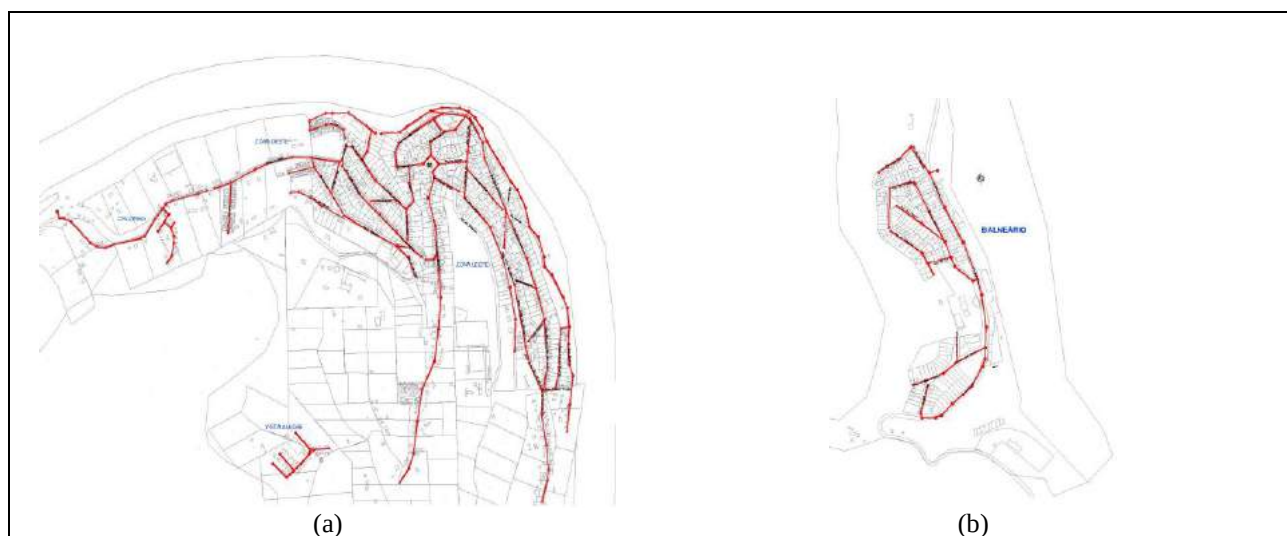


Figura 1 – Rede coletora de Marcelino Ramos. (a) Zonas Leste e Oeste, Bairros Cruzeiro e Vista Alegre; (b) Bairro Balneário

A escolha da área leva em conta a disponibilidade da mesma, a população atendida e a geração de afluentes. As áreas para sistemas de tratamento nas diferentes zonas e Bairros estão representadas através da Figura 2.

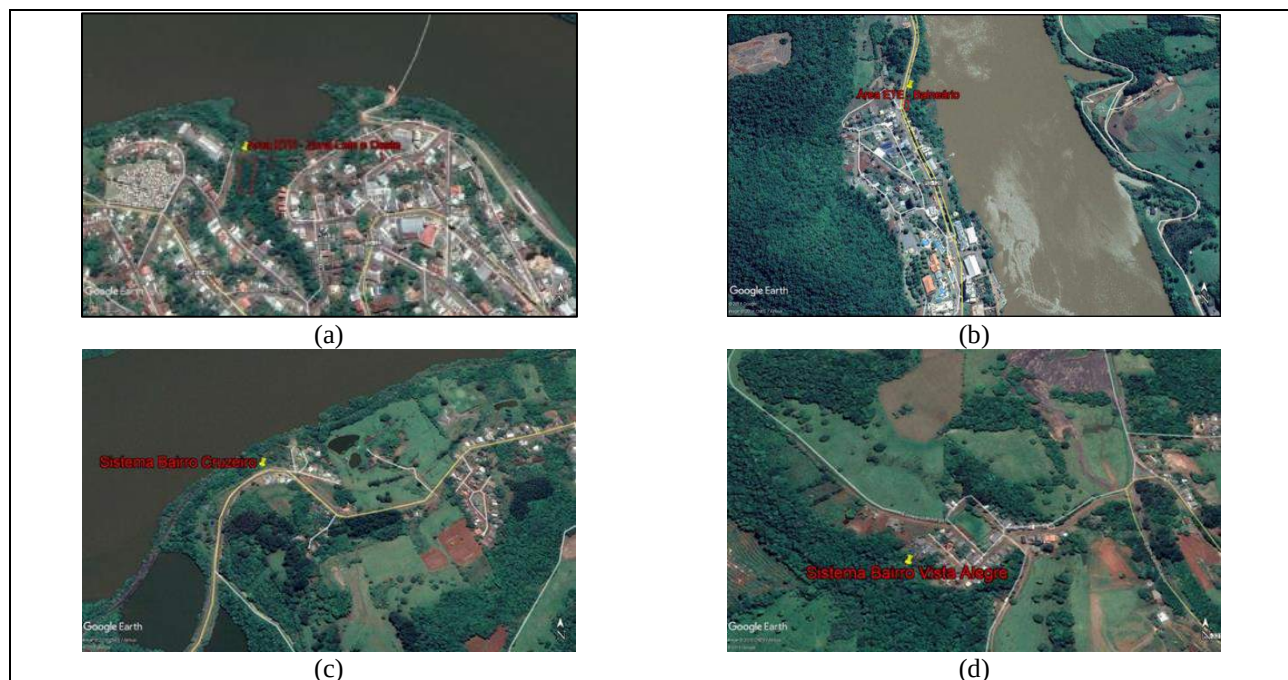


Figura 2 – Áreas para instalação de sistemas de tratamento. (a) Área para afluentes da zona Leste e Oeste; (b) Área para tratamento Bairro Balneário; (c) Área para tratamento Bairro Cruzeiro; (d) Área para tratamento Bairro Vista Alegre.

O orçamento para a rede coletora do tipo mista nas zonas Leste e Oeste e separadora absoluta nos Bairros Balneário, Cruzeiro e Vista Alegre estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Custo da rede de coleta de esgotos do município de Marcelino Ramos no primeiro ano de projeto.

Local	Custo em R\$
Zona Leste	439.493,38
Zona Oeste	74.689,67
Balneário	514.525,73
Cruzeiro	301.386,45
Vista Alegre	93.241,51
Total	1.423.336,74

Com a incidência do BDI (Benefício de Despesas Indiretas) de 26,42% o valor total para a implantação das redes no primeiro ano de projeto e valores de execução de projeto o valor total de rede é de **R\$ 1.889.051,7**.

Os sistemas de tratamento descentralizados, implantados no primeiro ano de projeto para as zonas Leste e Oeste e os Bairros foram cotados com a empresa Águas Claras Engenharia. Os valores estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 - Custo das estações de tratamento compactas.

Local	Custo em R\$
ETE compacta para as zonas Leste e Oeste	1.247.390,00
ETE compacta Balneário	705.790,00
ETE compacta Bairro Cruzeiro	257.240,00
ETE compacta Bairro Vista Alegre	217.510,00
Total	2.427.930,00

O orçamento no período de cinco anos para implantação das redes separadoras das zonas Leste e Oeste estão descritas na Tabela 7.

Tabela 5 - Custo da rede de coleta de esgotos do município de Marcelino Ramos no período de cinco anos.

Local	Custo em R\$
Zona Leste	1.592.483,09
Zona Oeste	753.286,37
Total	2.345.769, 46

Com a incidência do BDI de 26,44% e os custos com a execução dos projetos o valor total para implantação das redes separadoras das zonas Leste e Oeste é de **R\$ 3.114.290,45**.

O custo total da rede de coleta e tratamento de esgotos para o município de Marcelino Ramos é de **R\$ 7.431.272,14**, para atendimento de aproximadamente 60 % dos domicílios do município. O custo total para instalação da rede no primeiro ano e após cinco anos de projeto é de R\$ 5.003.341,00, incluindo os valores de projetos de engenharia o que representa 67,33% do custo total. Os sistemas de tratamento com custo de R\$ 2.427.930,00 correspondem a 32,67% do valor total da concepção dos sistemas.

CONCLUSÃO

Devido a proposta do trabalho considerar sistemas descentralizados de tratamento os custos para instalação dos mesmos ficou acima da média referenciada, tanto se comparado ao percentual em relação aos custos total do sistema de esgotamento sanitário como também para os custos de implantação por habitantes, no entanto, por haver menor necessidade de extensão de rede, este valor foi compensado.

Com os estudos realizados pode-se considerar que é viável a instalação de um sistema de coleta, transporte, tratamento e disposição final do esgoto do município de Marcelino Ramos, do tipo descentralizado, onde há mais que um sistema de tratamento. O estudo topográfico detalhado pode determinar a substituição de poços de visita por caixas de passagem ou equipamentos similares que pode levar a diminuição dos custos de implantação da rede coletora.

Em contrapartida, os custos de instalação dos projetos da rede coletora devem aumentar se forem consideradas as taxas de juros, aumento dos custos dos insumos e materiais quando se trata de obras ao longo de um período de tempo determinado fato não abordado no presente trabalho. Após a implantação dos sistemas devem ser elaborados estudos da eficiência, volume de esgoto tratado, abrangência do sistema e captação de recursos com a cobrança de tarifas para a sua manutenção.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649. Projeto de rede coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro 1998.

BRASIL. **Lei Federal 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, DF, Casa Civil, 2007.

CORSAN COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. **Manual de Procedimentos para Projetos de Execução de Parcelamento de Sol**. Anexo E. Porto Alegre, 20116. Disponível em: <<http://www.corsan.com.br/parcelamento-de-solo>>. Acesso em: 09 ago. 2018.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS
EM MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DA APLICAÇÃO DA
CERTIFICAÇÃO GBC BRASIL CASA NA CONSTRUÇÃO DE
UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE PADRÃO NORMAL
NA CIDADE DE ERECHIM – RS****Aluno: Rodrigo Von Dentz**
Orientador: Ivana Karine Aver**INTRODUÇÃO**

Segundo Souza (2007), a indústria da construção civil no Brasil é responsável por cerca de 15% do produto interno bruto (PIB), com geração, direta ou indireta, de aproximadamente 15 milhões de empregos no país, sendo considerada uma das mais importantes fomentadoras da economia nacional. Na questão de demanda por materiais a indústria da construção civil é responsável por uma quantidade expressiva de recursos quando comparada com as demais indústrias, sendo que, de forma aproximada, é possível dizer que para cada 1 (um) metro quadrado de edificações construídas é necessário 1 (uma) tonelada de materiais. Desta forma, considerando todas as construções ou reformas no país, o consumo de materiais pela indústria da construção civil pode atingir a marca 200 (duzentos) milhões de toneladas anualmente.

“A indústria da construção civil gera, mais que qualquer outra atividade humana, impactos diretos, complexos e de longa duração na biosfera Terrestre.” (KIBERT, 2013, p. 60, tradução nossa).

Conforme a organização não governamental GBC Brasil (2017a) as edificações que são certificadas pelo sistema GBC BRASIL CASA apresentam reduções de até 65% na geração de resíduos, 40% no consumo de água, 30% no consumo de energia e 35% de geração de gás carbônico ao longo de sua vida útil.

Visto a necessidade de redução de utilização de recursos naturais pela indústria da construção civil e observando as reduções apresentadas por edificações certificadas pelo sistema LEED, o presente trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade técnica de implantação da certificação GBC BRASIL CASA em uma residência unifamiliar na cidade de Erechim – RS, visando à melhoria da eficiência da indústria da construção civil mesmo em obras de pequeno porte. Para isso serão analisados os requisitos da certificação GBC BRASIL CASA e capacidade de implantação do mesmo em uma residência unifamiliar de padrão normal localizada na cidade de Erechim – RS.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido de forma sequencial entre os modos exploratório e descritivo. Na primeira etapa o trabalho foi realizado de forma exploratória, através de leitura sistemática, buscando conhecimento e entendimento sobre o sistema LEED e o processo de certificação GBC BRASIL CASA e, após isso, foram elencados os requisitos para a certificação e, também, detalhado o projeto da edificação a ser construída pelo método tradicionalmente utilizado na indústria da construção civil. Na segunda etapa o trabalho foi realizado de maneira descritiva, utilizando-se do conhecimento adquirido na primeira etapa, foram relacionadas e comparadas duas variáveis: método construtivo tradicional e o método construtivo capaz de atender a certificação GBC BRASIL CASA, tendo como objetivo de apresentar um resultado qualitativo e quantitativo no que tange a aplicabilidade e viabilidade técnica de ambos os métodos.

Certificação GBC BRASIL CASA

A Certificação GBC Brasil Casa foi projetada para enfrentar os desafios ambientais, respondendo às necessidades de um mercado competitivo. São residências que demonstram liderança, inovação, gestão ambiental e responsabilidade social e são projetados para oferecer: custos operacionais mais baixos, aumento do valor patrimonial, redução de resíduos enviados para aterros sanitários, conservação de energia e água, ambientes mais saudáveis e produtivos para ocupantes, resultando em um aumento da qualidade de vida, saúde e bem estar, redução das emissões de gases de efeito estufa e qualificação para descontos fiscais, subsídios de zoneamento e outros incentivos financeiros por parte do poder público.



Figura 1 - Categorias de análise GCB BRASIL CASA

Sistema construtivo tradicional

Segundo Vasques e Pizzo (2014) no Brasil o uso do sistema construtivo convencional ainda é dominante, sendo esse sistema caracterizado pela baixa produtividade e principalmente pelo grande desperdício, sendo que esse sistema ainda é o mais utilizado no Brasil devido a sua enorme popularidade, visto que os trabalhadores da indústria da construção civil tem maior familiaridade com esse sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados se deu através de elaboração de planilhas comparativas entre o que é exigido pela Certificação GBC BRASIL CASA e o método construtivo tradicional, visando destacar as diferenças principais entre os métodos. Segue dados comparativos somente dos itens de pré-requisitos exigidos pela certificação.

IMPLEMENTAÇÃO (IM)		
Requisitos da certificação GBC BRASIL CASA		Residência analisada
Pré-requisito 1	Controle da erosão, sedimentação e poeira na atividade da construção.	Não realizado.
Pré-requisito 2	Orientações de arquitetura bioclimática.	Analisado a posição solar através do posicionamento cartográfico do terreno.
Pré-requisito 3	Não utilizar plantas invasoras.	Não considerado.
Pré-requisito 4	Seleção do terreno.	Terreno adquirido anteriormente ao contato com o profissional responsável pela elaboração do projeto.

Tabela 1 - Comparativo pré-requisitos categoria Implantação

USO EFICIENTE DA ÁGUA (UEA)		
Requisitos da certificação GBC BRASIL CASA		Residência analisada
Pré-requisito 1	Uso Eficiente da Água – Básico	Não considerado no memorial descritivo hidrossanitário. Todos os itens exigidos estão disponíveis na rede varejista local.
Pré-requisito 2	Medição única do consumo de água	Atendido devido a obrigatoriedade de instrumentos de medição pela companhia de abastecimento de água.

Tabela 2 - Comparativo pré-requisitos categoria Uso Eficiente da Água

ENERGIA E ATMOSFERA (EA)		
Requisitos da certificação GBC BRASIL CASA		Residência analisada
Pré-requisito 1	Desempenho Mínimo da Envoltória	Não considerado.
Pré-requisito 2	Fontes de aquecimento de água eficientes	A residência apresenta projeto de aquecimento de água por meio de aquecedor de passagem a gás liquefeito de petróleo, mas não foi observado a metodologia sugerida pela certificação.

Pré-requisito 3	Qualidade e segurança das instalações	Requisito atendido em partes, pois o projeto elétrico foi elaborado conforme as normas ABNT NBR 5410 e ABNT NBR 15920, mas não há laudo de inspeção visual dos sistemas instalados.
Pré-requisito 4	Iluminação artificial – Básica	Critério não considerado no memorial descritivo das instalações elétricas. Os itens exigidos estão disponíveis na rede varejista local.

Tabela 3 - Comparativo pré-requisitos categoria Energia e Atmosfera

MATERIAIS E RECURSOS (MR)

Requisitos da certificação GBC BRASIL CASA		Residência analisada
Pré-requisito 1	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Operação	Não realizado.
Pré-requisito 2	Madeira legalizada	Atendido parcialmente, visto que a aquisição das madeiras utilizadas foi feita sempre com nota fiscal, mas não há apresentação do DOF.

Tabela 4 - Comparativo pré-requisitos categoria Materiais e Recursos

QUALIDADE AMBIENTAL INTERNA (QAI)

Requisitos da certificação GBC BRASIL CASA		Residência analisada
Pré-requisito 1	Controle de Emissão de Gases de Combustão.	Não considerado.
Pré-requisito 2	Exaustão localizada	Há previsão em projeto para sistemas passivos no banheiro e na cozinha, mas não há cálculo do fluxo de renovação de ar.
Pré-requisito 3	Desempenho mínimo do ambiente interno	Não considerado.

Tabela 5 - Comparativo pré-requisitos categoria Qualidade Ambiental Interna

REQUISITOS SOCIAIS (RS)

Requisitos da certificação GBC BRASIL CASA		Residência analisada
Pré-requisito 1	Legalidade e Qualidade	Não apresentado pelos prestadores de serviços e não solicitado pelo proprietário da obra.

Tabela 6 - Comparativo pré-requisitos categoria Requisitos Sociais

INOVAÇÃO E PROJETO (IP)

Requisitos da certificação GBC BRASIL CASA		Residência analisada
Pré-requisito 1	Manual de operação, uso e manutenção	Não considerado.

Tabela 7 - Comparativo pré-requisitos categoria Inovação e Projeto

CRÉDITOS REGIONAIS (CR)

Requisitos da certificação GBC BRASIL CASA		Residência analisada
Pré-requisito 1	Prioridades regionais – Sul	Não considerado.

Tabela 8 - Comparativo pré-requisitos categoria Créditos Regionais

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade técnica da aplicação da certificação GBC BRASIL CASA em uma residência unifamiliar de padrão normal na cidade de Erechim – RS usando uma abordagem prática e visando facilitar a aplicação comercial dos resultados obtidos.

As tabelas apresentadas foram elaboradas seguindo o Guia Rápido GBC BRASIL CASA (2017c) e sintetizam o comparativo entre os métodos abordados no trabalho. Desta forma os resultados obtidos norteiam tomadas de decisões e ações a serem realizadas na busca de edificações mais sustentáveis.

Conforme essas tabelas, observa-se que a grande maioria dos pré-requisitos da certificação GBC BRASIL CASA não foi atendida durante as fases de elaboração do projeto.

Pode-se concluir que as maiores dificuldades em atender as exigências da certificação GBC BRASIL CASA tem origem na elaboração dos projetos e não em disponibilidade de materiais e recursos e, tão pouco, da mão de obra contratada para a execução da edificação.

Considerando que o presente trabalho não analisou custos e sim a viabilidade técnica da implantação da certificação GBC BRASIL CASA em uma residência na cidade de Erechim – RS fica evidenciado que é possível o atendimento aos requisitos da certificação desde que o projeto seja elaborado, desde sua concepção, com bases nas diretrizes da certificação.

Rodrigo Von Dentz e Ivana Karine Aver

Análise de viabilidade técnica da aplicação da certificação GBC BRASIL CASA na construção de uma residência unifamiliar de padrão normal na cidade de Erechim – RS

REFERÊNCIAS

GBC Brasil. **COMPREENDA O GBC CASA**. São Paulo, 2017a. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/referencial-casa.php?doc=ComofuncionaCASA.pdf.zip&J=>>. Acesso em 21 jun. 2018.

GBC Brasil. **CERTIFICAÇÃO GBC Brasil Casa: Guia Prático - PORQUE E COMO CERTIFICAR SEU PROJETO**. 2. ed. São Paulo: Green Building Council Brasil, 2017b. 14 p.

GBC Brasil. **CERTIFICAÇÃO GBC Brasil Casa: Guia Rápido**. 2. ed. São Paulo: Green Building Council Brasil, 2017c. 119 p.

KIBERT, Charles J.. **Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery**. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2013. 543 p.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de; DEANA, Davidson Figueiredo. **Levantamento do estado da arte: Consumo de materiais**. São Paulo: Finep, 2007. 43 f.

VASQUES, Caio Camargo Penteado Correa Fernandes; PIZZO, Luciana Maria Bonvino Figueiredo. **COMPARATIVO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS, CONVENCIONAL E WOOD FRAME EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES**. Lins, 2014. 17 f.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS
EM MATERIAIS E SISTEMAS****ESTUDO COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES
MECÂNICAS DO AÇO CA-50 DE DIFERENTES FABRICANTES****Aluna: Tainá Pirolli****Orientador: Dr. Guilherme Vieira Braga Lemos****INTRODUÇÃO**

O surgimento de novos produtos, no mercado nacional, mostra a importância do estudo de suas propriedades, principalmente em comparação ao material já utilizado. O setor da infraestrutura e construção civil tem visto aumentar a oferta de materiais importados, e um deles é o vergalhão de aço CA-50, oriundos de países como Turquia e China. Desta forma, este estudo apresenta uma comparação das propriedades mecânicas e composição química entre dois vergalhões: um nacional e outro importado, e também uma avaliação do comportamento desses vergalhões quando expostos a ambientes corrosivos (ao ar e NaCl 10%). Por fim, as propriedades mecânicas destes vergalhões também foram estudadas após a corrosão.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material de base utilizado no estudo é uma liga de aço-carbono, conhecida como CA-50, na forma de barras com espessura de 12,5 mm e comprimento total de 245 mm, conforme recomenda a norma ABNT NBR 6152. As amostras, nacionais e importadas, foram analisadas em laboratório através da composição química, ensaios de microdureza e tração, onde foram determinadas as tensões de escoamento e resistências máximas à tração.

A resistência à corrosão do material foi determinada a partir da perda de massa da amostra (após o período de exposição). Para isso, foram considerados dois ambientes agressivos: exposição atmosférica, que é a forma de corrosão a qual os vergalhões estão sujeitos quando armazenadas em canteiros de obras, e por imersão em solução de cloreto de sódio (NaCl 10%), que simula o ataque sofrido pelas armaduras em regiões litorâneas (SANTIN, 2015). Para estas análises, as amostras foram submetidas à corrosão durante 45 dias e, após esse período, foram realizados ensaios de tração que determinaram a influência dessa corrosão nas suas propriedades mecânicas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O carbono é o principal responsável pelo aumento da resistência e da dureza e pela diminuição da ductilidade dos aços. A amostra importada apresentou teor de carbono menor em relação à amostra nacional, porém, essa diferença deve ser compensada com o aumento do Manganês, que também tende a aumentar a resistência dos aços. Outro elemento importante para o estudo é o Cromo, que é um dos responsáveis pelo aumento da resistência à corrosão. As duas amostras analisadas

apresentaram teor de cromo semelhante. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos na análise de composição química.

Elemento	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr
Nacional	98,6	0,239	0,140	0,474	0,0137	0,0331	0,188
Importado	97,9	0,180	0,182	1,01	0,0160	0,0297	0,166

Tabela 1: Composição química (% em massa)

No ensaio de microdureza, realizado de acordo com a norma ABNT NBRNM-ISO 6507-1, na seção transversal da amostra, a maior dureza foi observada na parte externa (superfície dos vergalhões). Isso se dá pelo fato de que para aumentar a dureza, as barras foram submetidas a um processo de tratamento térmico, que consiste no aquecimento e resfriamento brusco, fazendo com que o exterior da peça resfrie mais rápido e apresente maior dureza em relação à parte interna da mesma. As amostras nacionais e importadas alcançaram resultados muito semelhantes, conforme mostra a Figura 1.

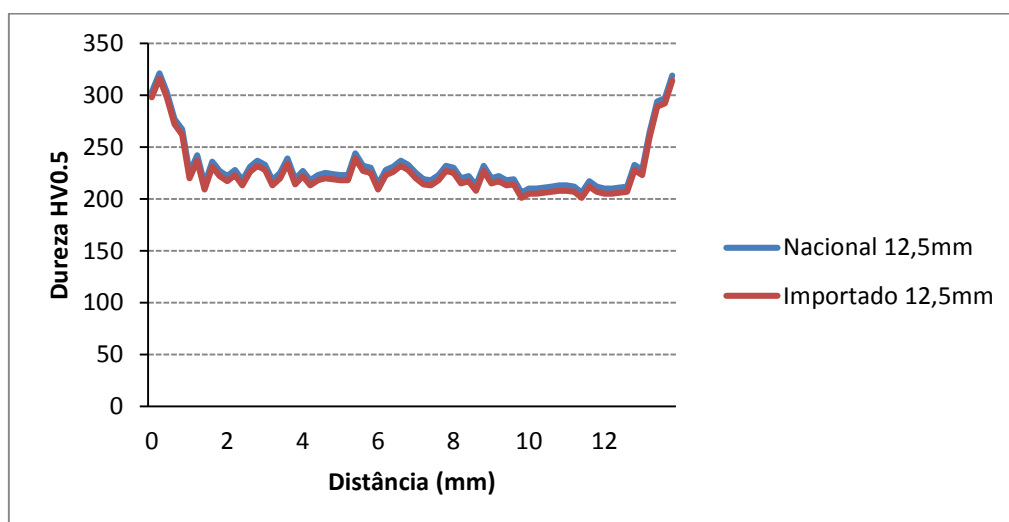


Figura 1: Perfis de microdureza na seção transversal.

A Figura 2 apresenta a diferença média na tensão de escoamento e resistência máxima antes da corrosão, entre as amostras nacionais e importadas, juntamente com o valor recomendado pela norma ABNT NBR 7480. As amostras importadas mostraram maior resistência mecânica até a ruptura, porém tensão de escoamento inferior às amostras nacionais.

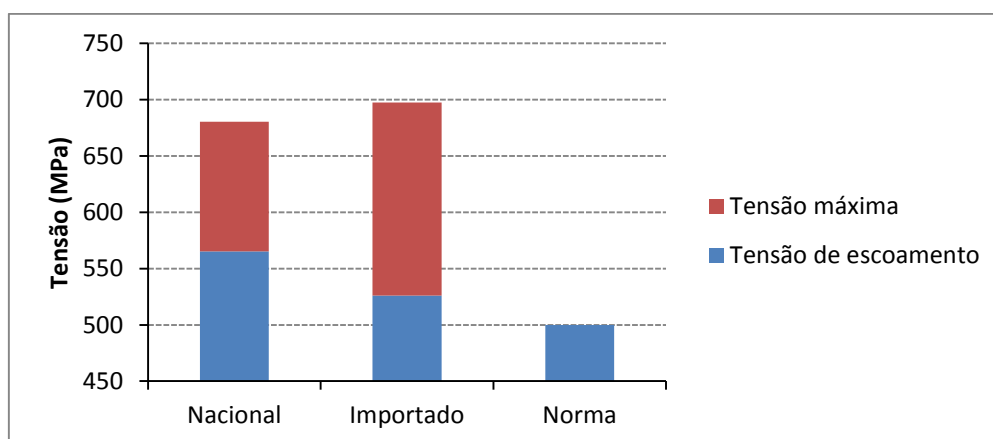


Figura 2: Médias da tensão máxima e tensão de escoamento antes da corrosão

Para a análise da resistência à corrosão, as amostras foram pesadas antes e depois do período de 45 dias. A Tabela 2 mostra que as amostras nacionais tiveram maior perda mássica durante o período de exposição atmosférica, comparada às amostras importadas.

	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Diferença (g)
Nacional	225,9133333	225,7766667	0,136666667
Importada	219,3066667	219,2233333	0,083333333

Tabela 2: Perda mássica após corrosão por exposição atmosférica

Assim como no ensaio por exposição atmosférica, as amostras nacionais foram as que apresentaram maior perda mássica no período de 45 dias imersas em solução de cloreto de sódio (NaCl 10%), conforme mostra a Tabela 3.

	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Diferença (g)
Nacional	228,4866667	228,2166667	0,27
Importada	219,0533333	218,88	0,173333333

Tabela 3: Perda mássica após a corrosão por imersão em solução NaCl 10%

A influência da corrosão nas propriedades mecânicas das amostras foi determinada através do ensaio de tração após a exposição à corrosão. As amostras expostas ao ar apresentaram o comportamento esperado, que é diminuição em suas resistências, porém todas mantiveram seus valores de tensão de escoamento maior que o mínimo estabelecido pela norma ABNT NBR 7480, que é de 500 MPa. Os resultados estão apresentados na Figura 3.

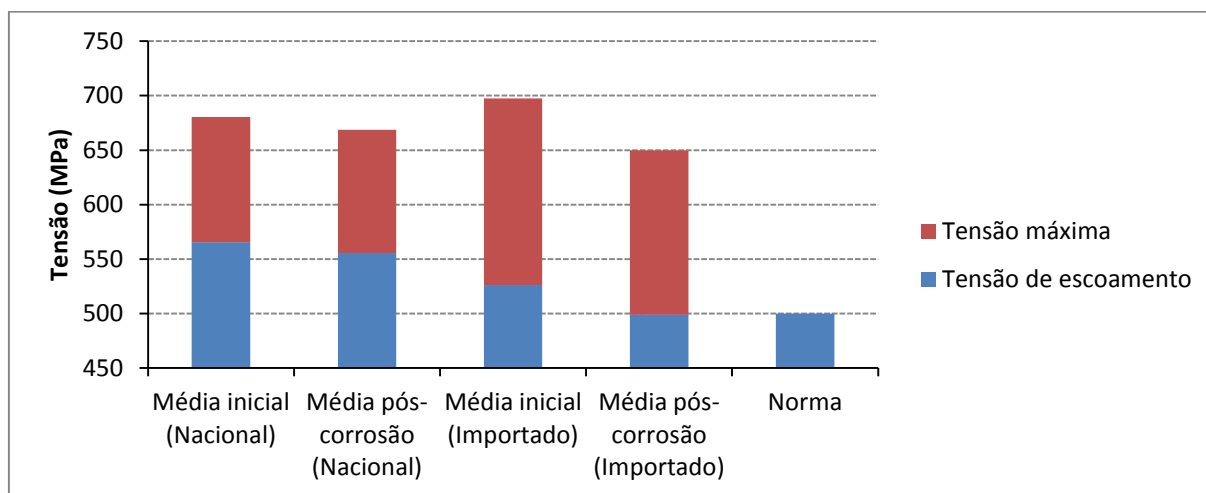


Figura 3: Médias da tensão máxima e tensão de escoamento após corrosão por exposição atmosférica

Seguindo o mesmo padrão de comportamento do ensaio de corrosão por exposição atmosférica, as amostras (nacionais e importadas) apresentaram diminuição em suas resistências, conforme mostra a Figura 4.

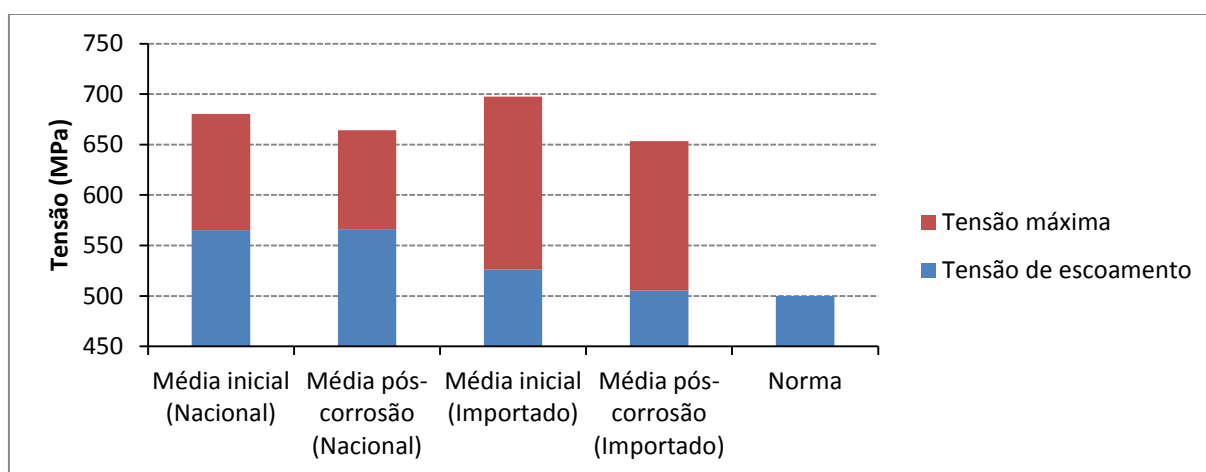


Figura 4: Médias da tensão máxima e tensão de escoamento após corrosão por imersão em solução NaCl 10%.

CONCLUSÕES

Por meio deste estudo, é possível concluir que os vergalhões de aço CA-50 importados, encontrados no mercado brasileiro atualmente, possuem desempenho muito semelhante ao produto que é produzido em solo nacional, atendendo às especificações da norma quanto à tensão de escoamento. Isso se dá pelo fato de que ambas as amostras apresentaram composição química semelhante, principalmente em relação aos elementos mais importantes que são responsáveis pela resistência mecânica (carbono). Em relação à corrosão, todas as amostras apresentaram boa resistência, sendo que as perdas mássicas tanto após a exposição atmosférica quanto após a imersão em Cloreto de Sódio, não comprometeram suas resistências mecânicas. Isso foi comprovado através dos ensaios

mecânicos após a corrosão, onde de forma geral, as amostras tiveram diminuição em sua tensão de escoamento, porém, esses valores se mantiveram acima do mínimo recomendado pela norma (500 MPa).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6152**: Materiais metálicos - Determinação das propriedades mecânicas à tração. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480**: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM-ISO 6507-1**: Materiais Metálicos – Ensaio de Dureza Vickers – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2008.

SANTIN, R. **Estudo da Influência de Diferentes Tempos de Corrosão Sobre as Propriedades Mecânicas do Aço ASTM A36**. 2015. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, Erechim, 2015.



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

ANÁLISE DO DESEMPENHO DO PRÉ-MISTURADO A FRIO (PMF) EM REPAROS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS



Aluno: Tainã Zanella Abrão
Orientador: Fabiano da Silva Jorge

INTRODUÇÃO

Com o aumento do tráfego nas rodovias, conseqüentemente ocorre um acréscimo dos esforços que são transmitidos aos pavimentos. Esses esforços são ressalvas para que a camada de revestimento asfáltica seja abordada com um cuidado especial, já que ela recebe toda a carga exercida sobre a via. Este artigo tem como objetivo a análise do desempenho do Pré-Misturado a Frio (PMF) no reparo de patologias do tipo panela. Visto que, como a aplicação é a frio, se torna mais prático o transporte e a execução do reparo, pois faz-se o uso de maquinário mais simples, além do custo de aquisição de uma usina a frio ser mais em conta que de uma usina a quente. Com a finalidade de expor a amostra de PMF à ensaios de laboratório (densidade aparente, volume de vazios, análise granulométrica, teor de betume, estabilidade e fluência Marshall), verificando, após, se os resultados obtidos através do material atendem às especificações da Norma DAER-ES-P-19/91, que determina as especificações gerais para pavimentação. Após processadas as análises dos ensaios, executaram-se os testes em pista.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados ensaios de análise granulométrica e teor de betume, sendo executados conforme as especificações normativas de cada ensaio e executados os reparos em pista.

Análise granulométrica

Os ensaios de análise granulométrica para o PMF foram realizados com base na Norma DNER-ME 083/98, que regulamenta o ensaio. Foram utilizadas 958,06 gramas da amostra para a concretização do ensaio. Inicialmente seca-se o material em estufa a 110 ± 5 °C, após realiza-se o quarteamento e o peneiramento do material por meio da agitação mecânica do produto. Conforme informa a referida norma, deve-se continuar o peneiramento até que não mais que 1% da massa total da amostra passe em qualquer peneira, durante um minuto. Depois de completado o peneiramento, pesa-se o material retido em cada peneira, sendo que o somatório de todas as massas retidas não deve diferir de mais de 0,3% da massa seca inicialmente. Posteriormente à pesagem do material, obtém-se a curva granulométrica do PMF, que resultou na faixa “E” de classificação, segundo a tabela da Norma DAER-ES-P-19/91, apresentada na figura 1.

Peneira		% passando						Tolerâncias
Malha	Abertura (mm)	A	B	C	D	E	F	
1 ½"	38,1	100	-	-	-	-	-	± 7%
1"	25,4	75-100	100	-	-	-	-	± 7%
¾"	19,1	50-80	75-100	100	100	-	-	± 7%
1/2"	12,7	-	-	60-80	75-100	100	-	± 7%
3/8"	9,5	25-50	30-60	35-60	35-70	85-100	100	± 7%
Nº 4	4,8	5-20	10-35	15-25	15-40	10-30	85-100	± 4%
Nº 10	2,0	0-10	5-10	0-10	10-25	0-10	10-40	± 4%
Nº 200	0,075	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	± 2%

Figura 1 - Faixas granulométricas DAER-ES-P-19/91.

Teor de betume

O ensaio é regido pela Norma DNER-ME 053/94 para a determinação do teor de betume em usinas betuminosas. Foram utilizadas 1038,88 gramas da amostra para a execução do mesmo. Para a realização do ensaio, a amostra é disposta no interior do prato do extrator de betume. Coloca-se, a seguir, o papel filtro e o prato no interior do extrator. São despejados 150ml de solvente no interior do prato. Espera-se cerca de 15 minutos e aciona-se o extrator. Quando esgotada a primeira carga de solvente e betume, para-se o extrator de betume e uma nova porção de solvente é adicionada. Essa operação é repetida até o solvente sair com uma coloração clara. Em seguida, o agregado é seco e pesado. O peso total da amostra, antes do ensaio, é descontado do valor obtido na pesagem do agregado seco. O valor obtido é o peso do betume extraído. A porcentagem de teor de betume é calculada através equação 1.

$$P = \frac{\text{peso do betume extraído}}{\text{peso da amostra total}} \times 100 \quad (1)$$

A Norma DNIT 153/2010 de especificação de serviço, determina a porcentagem de teor de betume presente na amostra para uso na camada de rolamento, conforme a figura 2.

	Camada de rolamento	Tolerância
Teor de Betume Solúvel no CS2 %	4 - 6	± 2%

Figura 2 – Teor de betume em camada de rolamento.

Execução dos reparos

Foram executados reparos no pavimento nas ruas da cidade de Erechim – RS, onde há tráfego de automóveis e caminhões de grande porte. A execução realizou-se de duas formas distintas, com o intuito de verificar o comportamento do material das mais variadas maneiras de aplicações, habitualmente realizadas no reparo de patologias do tipo panela.

Reparo 1: realizado na Rua Miguel Moysyn, com aproximadamente 1,43m de comprimento e 1,32m de largura, em um dia ensolarado. Primeiramente, retiram-se os resíduos e impurezas do buraco com o auxílio de um soprador. Neste reparo não foi realizada a primeira camada de pintura de ligação. Em

seguida, o preenchimento com o PMF, com uma camada de 7cm a 8cm de espessura, a compactação com o rolo vibratório liso, a segunda camada de pintura de ligação com o caminhão espargidor sobre o preenchimento, para posterior camada de pó de brita, de acordo com a figura 3.

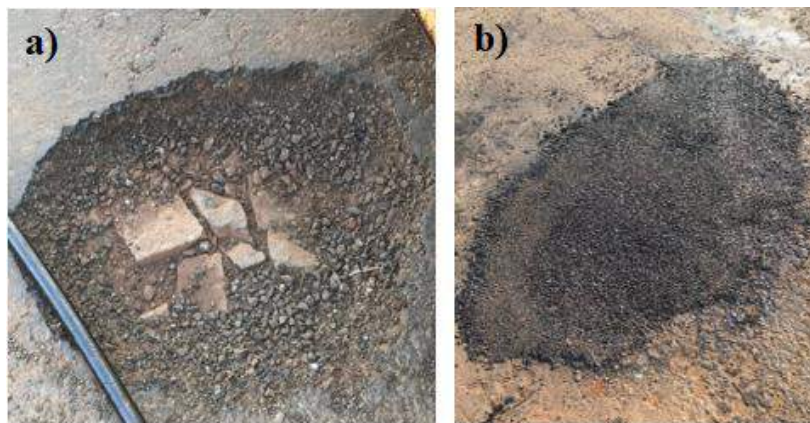


Figura 3 - Panela sem pintura de ligação (a) e reparo compactado (b).

Reparo 2: realizado na Avenida Caldas Júnior, com aproximadamente 90cm de comprimento e 70cm de largura, após um dia chuvoso. Retiram-se os resíduos e impurezas do buraco com o auxílio de um soprador, para posterior realização da primeira camada de pintura de ligação, com o caminhão espargidor, em seguida o preenchimento com o PMF, com uma camada de 7cm a 8cm de espessura, a compactação com o rolo vibratório liso, a segunda camada de pintura de ligação sobre o preenchimento para posterior camada de pó de brita, de acordo com a figura 4.



Figura 4 - Panela após um dia chuvoso (a) e reparo compactado (b).

Os mesmos foram monitorados ao longo de sete semanas, com inspeções semanais, onde foi constatado e acompanhado o surgimento de manifestações patológicas originadas pelas intempéries, devido ao tráfego de veículos, índice pluviométrico semanal e temperatura atmosférica máxima em que o pavimento foi exposto durante este período.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentados os resultados obtidos nos ensaios apresentados na metodologia, a discussão dos mesmos e o monitoramento dos reparos em campo.

Análise granulométrica

A figura 5 apresenta os resultados obtidos para a classificação granulométrica da amostra segundo a Norma DNER–ME 083/1998. A curva granulométrica utilizada para comparação é a Faixa “E” do DAER.

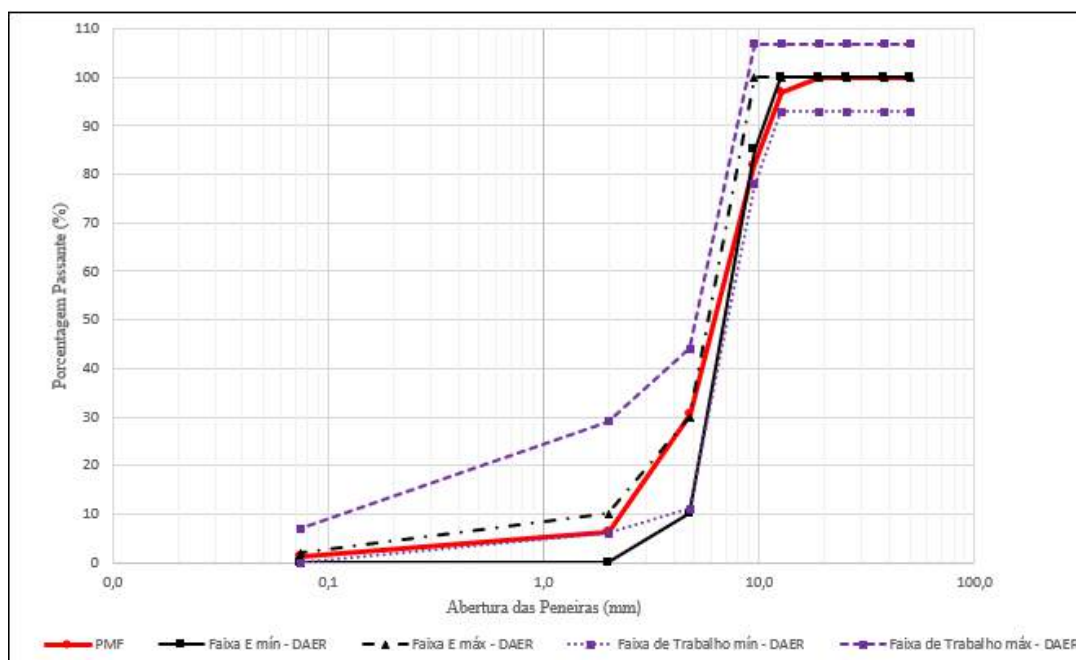


Figura 5 – Distribuição granulométrica dos agregados da amostra.

Como demonstrado na figura 5, a amostra adequou-se parcialmente à faixa “E” do DAER, não apresentando retenção nas peneiras mais grossas, como a 1½”, 1” e ¾”. Com a falta no agregado graúdo pode-se verificar um prejuízo no desempenho do material. A amostra não se enquadrou em nenhuma faixa do DNIT, se aproximou somente da faixa “E” do DAER. Segundo Rocha (2010), o desempenho das misturas asfálticas é prejudicado quando não se obtém um esqueleto mineral adequado, sendo um ponto fundamental para o bom desempenho do material.

Teor de betume

A figura 6 apresenta o resultado encontrado de teor de betume para a amostra de PMF.

	Peso amostra total (g)	Peso betume extraído (g)	% Ligante
Amostra A	1038,88	958,06	7,8
Teor de Betume (%) DNER-053			4 – 6

Figura 6 – Teor de betume.

Como observado na figura 6, a amostra apresentou teor de betume acima do valor estipulado pela norma DNIT 153/2010 – ES, mas por se tratar de um PMF denso, a mesma se enquadra na norma do DER/SP-ET-ED-P00/025 para pré misturado a frio, sendo a porcentagem de teor de betume de 7% a 10%. Portanto, considerando-se a recomendação do DER/SP, a amostra condiz na porcentagem de teor de betume.

Entretanto, a amostra não se enquadrou totalmente à uma faixa granulométrica, isso somado à alta fluência e a baixa estabilidade, condiciona à uma mistura com estrutura potencialmente sujeita a desagregação bem como manifestações patológicas quando submetidas ao tráfego.

Monitoramento dos reparos

O reparo 1 apresentou afundamento de trilha de roda devido a fluência do revestimento asfáltico ter resultado acima do limite máximo estipulado pela norma. Isso se deve pela falta de pintura de ligação e/ou excesso de teor de betume, pela falha na dosagem da mistura asfáltica o que acarretou o deslocamento na interface pavimento/reparo e por causa do esqueleto mineral não estruturante, como demonstrado na figura 7.



Figura 7 - Afundamento no reparo 1.

No reparo 2 ocorreu a abertura de um novo buraco sobre o reparo realizado. Isso, devido aos fatos do valor da fluência estar acima do limite máximo, em função do alto teor de betume na mistura asfáltica, ao volume de tráfego pesado na via, acarretando novamente o deslocamento na interface pavimento/reparo e a falha na composição granulométrica, o que contribuiu para o material não ficar coesivo, como demonstrado na figura 8.



Figura 8 - Abertura de um novo buraco no reparo 4.

CONCLUSÕES

Por meio dos ensaios realizados e dos resultados obtidos, a amostra apresentou desempenho muito inferior em relação ao requerido pela Norma DAER-ES-P-19/91. Com isso, fica evidenciada a importância de uma dosagem correta na hora do preparo da mistura para o PMF, garantindo, assim, um produto final com os parâmetros de desempenho previstos. Embora o teor esteja acima do indicado pela norma DNIT, e por se tratar de um PMF denso, o mesmo acaba se enquadrando na norma do DER/SP. Apesar da porcentagem de teor estar dentro do indicado pela norma, o problema é que a amostra não está perfeitamente enquadrada em uma faixa granulométrica, gerando, assim, uma falha na mistura constatada em ensaios de laboratório.

Todas as falhas na composição da mistura identificadas nos ensaios laboratoriais refletiram no desempenho em pista. Após a execução dos reparos, através de inspeções semanais do desempenho do material, observou-se que os mesmos apresentaram algum tipo de patologia devido às falhas na composição da curva granulométrica, provocando o aparecimento de afundamentos por trilho de roda e deslocamento na interface pavimento/reparo.

Portanto, conclui-se que o material tem potencial, mas deixa a desejar, pois não há enquadramento granulométrico e tampouco uma dosagem de ligante satisfatória. Em um contexto geral, a composição com uma dosagem correta, com esqueleto mineral de graduação densa, curva granulométrica contínua e bem graduada e com a porcentagem correta do teor de betume, poderá sanar as dúvidas sobre o real desempenho do material, evidenciando, assim, todo o seu potencial.

REFERÊNCIAS

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DAER-ES-P-19/91** Especificações Gerais para Pavimentação. Rio Grande do Sul 1991. 09p. Acesso em: 12 nov. 2018.

DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM. **DER/SP-ET-DE-P00/025** Pré-Misturado a Frio. São Paulo 2006. 31p. Acesso em: 22 abr. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 053/94** Mistura Betuminosa a Frio, com Emulsão Asfáltica – Ensaio Marshall. Rio de Janeiro. 9p.

_____. **DNER-ME 083/98**: Agregados – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro 1998. 5p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 153/2010** – ES: Pavimentos Asfáltica – Pré-misturado a frio com emulsão catiônica convencional – Especificações de Serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2010 a. 11p.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS
EM MATERIAIS E SISTEMAS****MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE BARRAGENS DE
REJEITO**

**Alunos: Tainã Zanella Abrão, Giovani Jordi Bruschi, Éverton Loregian e
Vinícius André Tochetto**
Orientador: Suelen Cristina Vanzetto

INTRODUÇÃO

A ascensão da geração de rejeitos torna-se cada vez mais notável e, portanto, tem coordenado a um aumento das estruturas armazenadoras, fazendo com que, atualmente, as barragens de rejeitos encontrem-se entre as mais importantes obras da mineração. Simultâneo ao aumento das dimensões das mesmas e os vários acidentes ocorridos despertam para o assunto da segurança destas obras. A destreza de operação e a introdução segura da obra no meio ambiente, ligada à sua viabilidade econômica, são determinações básicas de um sistema de disposição de rejeito em barragens.

De acordo com Araújo (2006), inerente à atividade de mineração, está a geração de significativa quantidade de rejeitos. Desta forma, as mineradoras necessitam, em seu planejamento de longo prazo, incorporar em seu plano diretor alternativas de disposição de rejeitos de forma mais segura e econômica. Barragens de rejeito, por sua vez, são estruturas geotécnicas que devem permanecer estáveis por longos períodos de tempo, normalmente maiores que a própria vida útil da mina.

A escolha de um método ou outro para o acondicionamento dos rejeitos depende da natureza do processo de mineração, das condições geológicas e topográficas da região, das propriedades mecânicas dos materiais e da capacidade de impacto ambiental do contaminante.

Diante dos fatos previamente apresentados, esse artigo se justifica pela necessidade de maiores estudos em relação a disposição dos rejeitos e qual seria o melhor método a ser escolhido, para assim, minimizar-se os riscos a essa atividade de mineração.

METODOLOGIA

O presente artigo trata-se de uma revisão bibliográfica, onde foram utilizados dados secundários e informações obtidos através de pesquisas já realizadas na área de barragens de rejeitos, tais como: revistas, artigos, dados quantitativos publicados e disponibilizados na internet.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma barragem de rejeito é normalmente planejada para ser construída em etapas de acordo com a necessidade de local para disposição. Inicialmente é construído um aterro, com solo compactado. A construção da mesma é complementada por alteamentos sucessivos, que podem ser implantados utilizando o próprio rejeito ou os materiais externos oriundos de área de empréstimo (DORNAS, 2008).

A disposição dos rejeitos pode ser feita a céu aberto, de forma subterrânea, ou subaquática. A disposição subaquática não é muito utilizada pelos problemas ambientais que gera e os impactos a esses ecossistemas são negativos e algumas vezes irreversíveis. A disposição subterrânea é feita em câmaras que restam depois da extração do minério; os rejeitos são bombeados na maioria dos casos e depositados preenchendo essas câmaras. A disposição mais comum é a céu aberto, e pode ser feita em pilhas controladas ou em estruturas de contenção localizadas em bacias ou vales (LOZANO, 2006).

Os métodos mais comuns em alteamentos de barragens são: método convencional, método de montante e método de jusante. A seguir são apresentadas as configurações específicas de cada método.

Método convencional

Barragens convencionais, ou seja, terra compactada são normalmente construídas em etapa única ou, eventualmente, em dois ou três alteamentos. Além de economicamente atraente, o modo de construção da barragem por alteamentos sucessivos torna-se possível pelo próprio minerador (SOARES, 2010).

Barragens convencionais são construídas com materiais provenientes de uma mesma jazida, com características semelhantes de densidade e umidade. A compactação das contínuas camadas construtivas garante a homogeneidade de comportamento do maciço (ARAUJO, 2006).

Segundo a mesma autora, a quantidade de água perdida por percolação costuma ser insignificante em comparação com os volumes utilizados na operação da obra. Desta forma, a percolação é somente controlada, evitando geração de excessos de poropressão e carreamento de material. O controle da drenagem se dá pelo uso de filtros verticais e tapetes drenantes.

Segundo Soares (2010), barragens convencionais são estruturas que podem ser similares às barragens convencionais para retenção de água, apresentada na figura 1 a seguir.

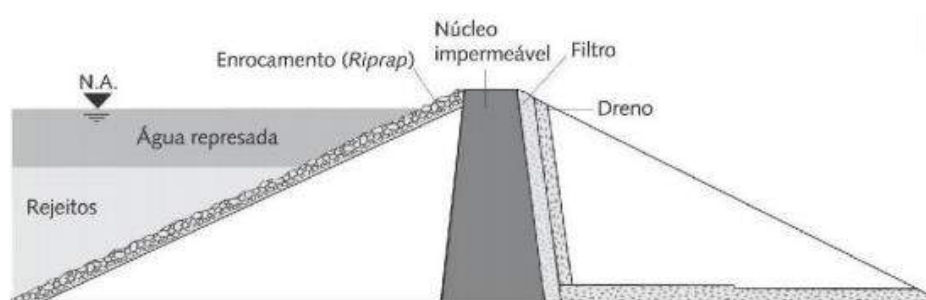


Figura 1 – Barragem convencional para contenção de água, utilizada na contenção de rejeitos.

Método de montante

O método de montante é o mais antigo e simples método de construção de barragens. A etapa inicial na execução deste tipo de barragem consiste na construção de um dique de partida, normalmente de material argiloso ou enrocamento compactado. Após realizada esta etapa, o rejeito é lançado por canhões em direção a montante da linha de simetria do dique, formando assim a praia de deposição, que se tornará a fundação e eventualmente fornecerá material de construção para o próximo alteamento. Este processo continua sucessivamente até que a cota final prevista em projeto seja atingida (ARAUJO, 2006). Conforme apresentado na figura 2.

De acordo com Troncoso (1997), o método de montante para alteamento de barragens de rejeito é o mais econômico em curto prazo, pois permite obter a menor relação entre volumes de areia/lama.

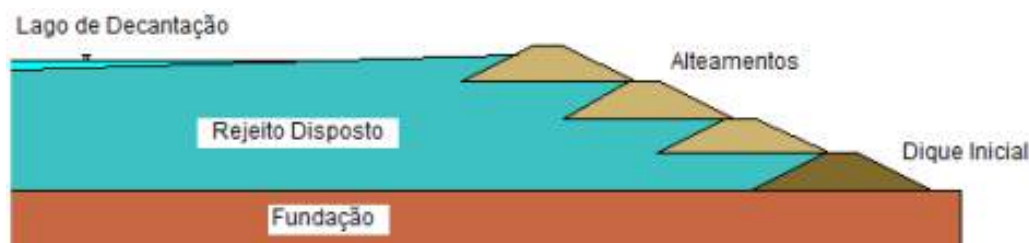


Figura 2 – Método construtivo de montante.

O método apresenta como principais vantagens o menor custo de construção, volume de alteamentos é menor, a rapidez e a simplicidade na execução dos alteamentos, normalmente realizados pela equipe técnica da própria mineradora. Já as principais desvantagens se devem à menor segurança, possibilidade de “piping” devido à linha freática estar muito próxima do talude de jusante (THOMÉ; PASSINI, 2018).

Método de jusante

No método de jusante, a linha do centro (eixo da barragem), se desloca a jusante durante os processos de alteamentos. Também neste método se faz necessária a construção de um dique inicial, impermeável, empregando-se normalmente material argiloso compactado. Este dique inicial deve ser dotado de drenagem interna (filtro vertical e tapete drenante), além de ter seu talude de montante impermeabilizado com argila compactada ou mantas plásticas específicas para impermeabilização (SOARES, 2010), como apresenta a figura 3.



Figura 3 – Método construtivo de jusante.

Barragens alteadas pelo método de jusante necessitam maiores volumes de material (maior relação areia/lama), apresentando maiores custos associados ao processo de ciclonagem ou ao empréstimo de material. Além disto, com este método, a área ocupada pelo sistema de contenção de rejeitos é muito maior, devido ao progresso da estrutura para jusante em função do acréscimo da altura (RIBEIRO et al, 2003).

Dentre as características atribuídas por Soares (2010), as vantagens desse método são: podem ser usados em lugares com vibrações, operação simples, maior segurança devido alteamentos controlados e menor probabilidade de “piping”. Já as principais desvantagens são: custo mais elevado, maior volume de material a ser movimentado e compactado, menor velocidade de alteamento da barragem, requer o emprego de hidrociclones.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo Espósito (2000), consolida um conjunto de informações, demonstrando o estado da prática de disposição de rejeitos, no que concerne à disposição convencional de rejeitos de mineração. Observa-se uma preferência das mineradoras brasileiras pela deposição de rejeitos finos em barragens para contenção de rejeitos, as quais geralmente constituem-se em barragens de terra compactadas convencionais.

De acordo com Lozano (2006), dados mostram que, em números absolutos, observam-se mais acidentes em barragens alteadas para montante. Não se pode perder de perspectiva, no entanto, que essa constatação é esperada, pois se trata do método mais antigo.

Segundo Thomé e Passini (2018), por ser construída sobre o material de rejeito depositado, o método de montante nos leva a uma maior dificuldade de controle das propriedades geotécnicas da zona em que é realizada o alteamento.

Segundo Rico, Benito, Salgueiro, Díez-Herrero e Pereira (2008), onde este apresenta a relação de falhas em barragens em relação ao método construtivo. Onde o método de montante corresponde a 76% das falhas em barragem, sendo o restante (24%) proveniente dos demais métodos construtivos. A vulnerabilidade das barragens alteadas pelo método para montante, confirmada com o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, no ano de 2015, motivou o Estado de Minas Gerais a suspender os procedimentos de licenciamento ambiental de novas barragens de rejeitos nas quais se pretenda utilizar esse método para ampliação de sua capacidade (THOMÉ; PASSINI, 2018).

Devido ao método construtivo e a dinâmica empregada na mineração o método que tende a apresentar menos problemas é o método de jusante. Isto devido ao fato de a geometria da barragem apresentar certa constância e o controle das propriedades dos materiais de construção independe do ritmo de deposição do rejeito, ou seja, se tem um controle nítido de toda a barragem, compactação do material, drenos e impermeabilização (SOARES 2010).

Segundo Araujo (2006), o método de jusante garante maior estabilidade do corpo da barragem, pois a compactação pode ser adequada à medida que a barragem sofre os sucessivos alteamentos.

De acordo com Lozano (2006), o método de jusante tem as melhores características de estabilidade; porém o volume necessário de material de empréstimo ou estéril da lavra, é três vezes o do método de montante, o que se relaciona, logicamente, com os custos do projeto total.

A adoção de estruturas construídas pela técnica de alteamento para jusante possibilita a execução de barragens de rejeitos de maior porte e com fatores de segurança mais satisfatórios (ALBUQUERQUE FILHO, 2004).

CONCLUSÕES

No que se refere à barragem de retenção de rejeitos, conclui-se que está muito longe da adequação necessária, necessitando de um aprofundamento nos estudos para uma maior segurança. Das alternativas apresentadas, o alteamento a montante aparenta ser a pior opção. O baixo nível de segurança da estrutura causado por diferentes fatores pode colocar em risco todo o ambiente a jusante da barragem, entretanto, o baixo custo com os alteamentos não deixa de ser um bom atrativo para as empresas.

Já o método de jusante, é mais seguro devido ao maior rigor construtivo e evita a possibilidade de ruptura por liquefação, porém apresenta um maior custo construtivo e operacional, é um método onde tem-se um melhor controle dos materiais envolvidos e de suas propriedades.

As medidas preventivas, a partir da análise das características técnicas de construção e alteamento das barragens de rejeitos, são fundamentais para evitar os acontecimentos de novos colapsos nessas estruturas, propiciando o bem-estar socioambiental a curto, médio e longo prazo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE FILHO, L. H. **Avaliação Do Comportamento Geotécnico De Barragens De Rejeitos De Minério De Ferro Através De Ensaios De Piezocone**. 2004. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, UFOP, Ouro Preto, MG.

ARAUJO, C. B. **Contribuição Ao Estudo Do Comportamento De Barragens De Rejeito De Mineração De Ferro**. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2006.

DORNAS, A. L. L. **Análise Do Comportamento Geotécnico Da Barragem Forquilha Iii Para A Geometria Atual E Para Alteamentos Futuros Pelo Método De Montante**. 2008. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Geotécnica, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

LOZANO, F. A E. **Seleção De Locais Para Barragens De Rejeito Usando O Método De Análise Hierárquica**. 2006. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica), Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, USP, São Paulo, SP.

RIBEIRO, L.F.M., PRESOTTI, E.S., PEREIRA, E.L., 2003 – “**Influência Do Teor De Ferro Nos Parâmetros De Resistência De Um Rejeito De Minério De Ferro**”, In: 5º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, Porto Alegre

Rico, M., Benito, G., Salgueiro, A. R., Díez-Herrero, A., & Pereira, H. G. (2008). **Reported Tailings Dam Failures: A Review Of The European Incidents In The Worldwide Context**. Journal of Hazardous Materials, 152(2), 846-852.

SOARES, Lindolfo. Barragem de rejeito. In: Luz, A. B. da; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. **Tratamento De Minérios**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. p. 831-896.

THOMÉ, R., PASSINI, M. L. **Barragens De Rejeitos De Mineração: Características Do Método De Alteamento Para Montante Que Fundamentaram A Suspensão De Sua Utilização Em Minas Gerais**. In: Ciências Sociais Aplicadas em Revista, Paraná, v. 18, n. 34, p.1-248, fev. 2018.

TRONCOSO, J. H. **Geotechnics Of Tailings Dams And Sediments**. In: International Congress of Environmental Geotechnics, 18, 1997. Lisboa. Anais... Lisboa: ICEG,1997. p. 1405-1423.

ESPÓSITO, T. de J., 2000. **Notas De Aula Do Curso De Geotecnia E Segurança De Barragens**, GeoFast, Belo Horizonte, MG, Brasil.

**GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS
EM MATERIAIS E SISTEMAS****ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO DOS VENTOS
SOBRE PAVILHÕES INDUSTRIAIS****Aluno: Theylor E. Assunção****Orientador: Roberta F. Neumeister****INTRODUÇÃO**

A proposta deste trabalho foi idealizar um modelo de pavilhão com escala reduzida e diferentes configurações de telhados com a finalidade de realizar um comparativo sobre o comportamento das pressões exercidas sobre a estrutura para cada tipo de cobertura. Com o auxílio de um canal aerodinâmico foram realizadas tomadas de pressão por pontos em todas as faces do modelo. Os resultados foram obtidos para um escoamento com velocidade de aproximadamente 61 km/h e obteve-se um valor de Reynolds de $3,55 \times 10^5$.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização dos experimentos foi necessária a utilização de alguns equipamentos disponíveis no Laboratório de Fenômenos de Transporte e Irrigação da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus II de Erechim/RS. Para isto, foi construído um modelo experimental em escala reduzida, na proporção de 1:100, com coberturas tipo uma água e tipo duas águas.

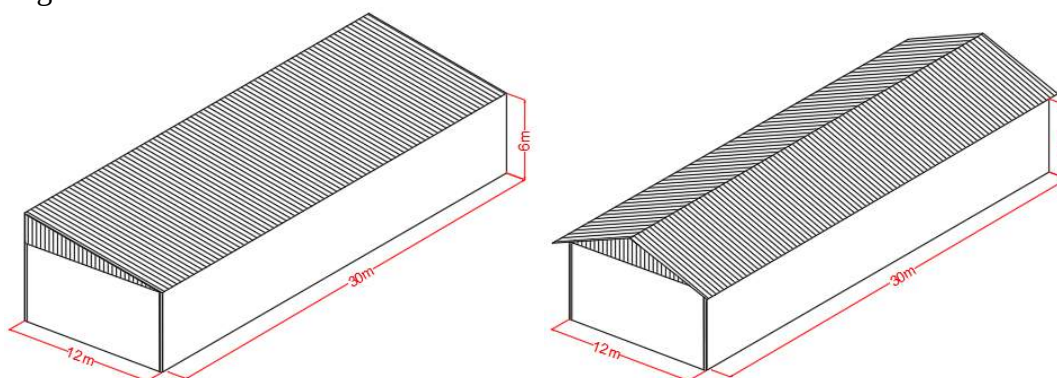


Figura 1 - Pavilhão modelo com cobertura tipo uma água e duas águas

Para realizar as tomadas de pressão foram realizadas furações em todas as faces do modelo. Para o modelo de pavilhão com telhado de uma água foram feitos ao todo 43 pontos de tomada de pressão. Para o modelo de pavilhão com telhado de duas águas foram realizados ao todo 46 pontos de tomada de pressão. O estudo experimental foi executado com o auxílio do canal aerodinâmico. Após a fixação de uma placa base lisa no canal aerodinâmico para a realização de medições para quantificar a velocidade do escoamento do ar no canal, foi verificado a temperatura ambiente, e

então foram realizadas as medições da velocidade no escoamento, coletando três valores para o cálculo da velocidade utilizando o manômetro digital.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas figuras abaixo são apresentadas as distribuições de pressão ao longo de toda a estrutura do modelo sob a perspectiva de uma vista superior, ou seja, são expostos as pressões que incidem sobre as faces frontais, laterais e traseiras. Na região frontal é exercido o esforço de sobrepressão, com valores quase equivalentes sendo verificado um valor de coeficiente de $C_p = + 0,99$ para o modelo com cobertura de duas águas e $C_p = + 1,02$ para o modelo de uma água.

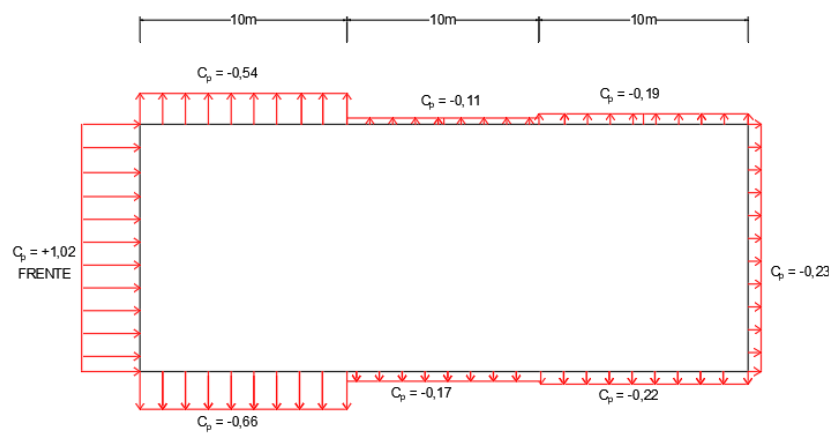


Figura 2 - Vista superior das pressões distribuídas ao longo do modelo uma água.

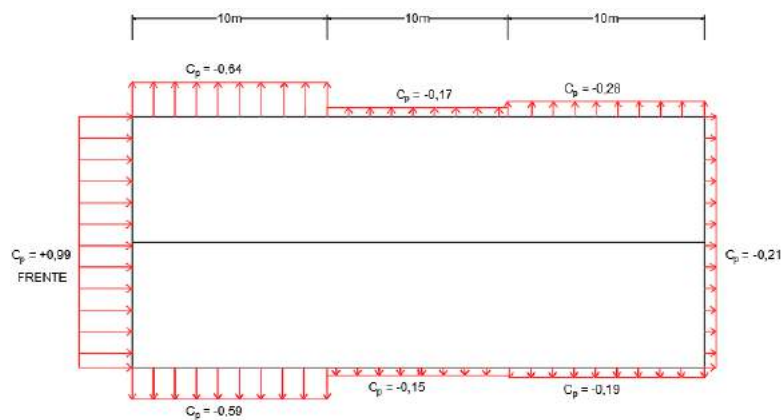


Figura 3 - Vista superior das pressões distribuídas ao longo do modelo duas águas.

Nas laterais é exercida a pressão de sucção em toda a área, sendo de maior grandeza nas regiões próximas a parte frontal e consideravelmente menores nas regiões intermediárias e finais, em comparação entre modelos a oscilação entre os valores encontrados é mínima. Para a região traseira, a variação de valores entre os modelos é reduzida e devido ao erro associado a medição pode ser desconsiderada.

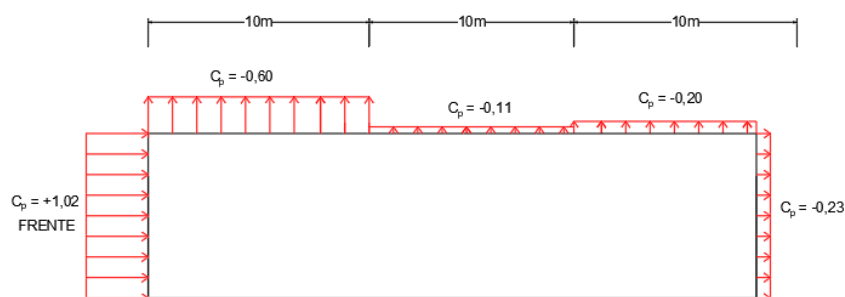


Figura 4 - Vista lateral das pressões distribuídas ao longo do modelo uma água.

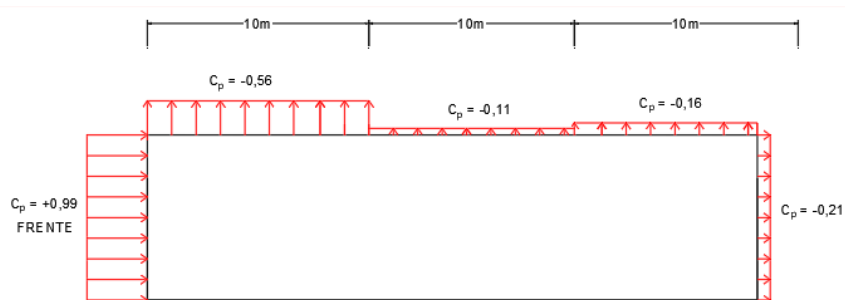


Figura 5 - Vista lateral das pressões distribuídas ao longo do modelo duas águas.

No comparativo entre as pressões distribuídas ao longo das estruturas o mesmo comportamento é visto em ambos os modelos com valores aproximados, que ao avaliar a margem de incerteza associada à experimentação, pode ser considerada como de baixa relevância.

CONCLUSÕES

As medições realizadas mostram que assim como nos estudos realizados por Blesmann (2009) e Fornel (2016), as maiores pressões verificadas ficam nos pontos a barlavento, ou seja, mais próximos a região de incidência do vento na estrutura. O experimento indicou também que para o vento incidindo à 0°, a face frontal do modelo apresenta coeficientes de pressão positivos em toda a região indicando a força de “sobrepessão”, para o restante do pavilhão foram encontrados coeficientes de pressão negativos, que apontam que há esforços de “sucção” nestas áreas. Como resultado da análise comparativa entre os dois modelos observou-se que a alteração no tipo da cobertura não provocou variações significativas entre as pressões exercidas sobre a estrutura.

Theylor E. Assunção; Roberta F. Neumeister

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO DOS VENTOS SOBRE PAVILHÕES INDUSTRIAIS

REFERÊNCIAS

BLESSMANN, J. **Ação do Vento em Telhados**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

FORNEL, G. F. **Ação do Vento em Pavilhões Para Usos Gerais**. Santa Maria: UFSM, 2016



GEPEMASI – GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM MATERIAIS E SISTEMAS

ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ADITIVOS CRISTALIZANTES APLICADOS EM CONCRETOS CONVENCIONAIS

Aluno: Victor Matheus Kolba

Orientador: Prof. Esp. Marcos Paulo Cielo



INTRODUÇÃO

O concreto é o mais importante material no ramo na construção civil atual, devido a sua utilização em praticamente todas as obras executadas nesta área, no entanto, esta tecnologia ainda é passível de inúmeras deteriorações, dentre as quais uma das mais frequentes é a formação de fissuras. Diante disso, busca-se ampliar o conhecimento sobre a capacidade de autocicatrização do concreto, para que este possa realizar o selamento das fissuras sem precisar de intervenção do meio externo.

Sendo assim, neste estudo foram testados três aditivos cristalizantes, buscando avaliar qual apresenta o melhor comportamento de autocicatrização em situações onde foram criadas microfissuras nas amostras, simulando a fissuração natural do concreto. Para a obtenção dos resultados foram realizados ensaios de abatimento de tronco de cone, resistência à compressão axial e absorção por capilaridade.

MATERIAL E MÉTODOS

Programa Experimental

Este estudo foi realizado através de um programa experimental composto por três misturas de concreto convencional com a adição de aditivos cristalizantes distintos, além de uma mistura referência, sem a adição de aditivos. Foi feita a dosagem do concreto e moldagem de amostras, que após o período de cura, passaram por ensaios laboratoriais e posterior análise dos resultados. Para a confecção das misturas, foram utilizados o mesmo traço de concreto e os mesmos materiais, modificando apenas o aditivo cristalizante, com o objetivo de analisar o comportamento deste.

Durante a dosagem do concreto foi optado por utilizar o teor máximo de 2% de adição em relação peso de aglomerante, valor indicado pelos fabricantes, a fim de comparar a eficiência do aditivo, a partir da quantidade do mesmo que seria utilizada pelo consumidor final.

Para a obtenção dos resultados foram realizados o ensaio de compressão axial (ABNT NBR 5739, 2007), com o intuito de observar qual foi a resistência inicial, e a consequente recuperação de resistência com o passar do tempo, e o ensaio de absorção por capilaridade (ABNT NBR 9779, 2012), onde para comprovar a eficiência do aditivo cristalizante, espera-se que quanto maior a idade menor seja a absorção capilar das amostras. Ambos os ensaios foram executados no LAPATEC - Laboratório de Preparação de Amostras e Técnicas Construtivas, localizado no Campus II da URI de Erechim – RS.

Ademais, como o objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade de autocicatrização do concreto, foi necessário previamente criar fissuras nas amostras, para que então pudesse ser mensurada a capacidade de cicatrização das mesmas.

Técnicas de Ensaio

Após moldados os corpos de prova, estes permaneceram em cura na câmara úmida até atingirem os 28 dias de idade, quando foi feito o ensaio de compressão axial em 4 amostras de cada mistura para obter-se a resistência à compressão média e realizar a fissuração das amostras

O mecanismo utilizado para a criação das fissuras, inicialmente seria o mesmo utilizado por Takagi (2003), no qual, após 28 dias da moldagem, seria aplicada 90% da carga de ruptura aos 28 dias e mantida por 1 minuto, de modo a criar o fissuramento. Contudo, no momento da execução do mecanismo de fissuração, os corpos de prova não estavam suportando a aplicação de 90% da carga, e, estavam rompendo antes de 1 minuto, sendo assim, optou-se pela redução da carga de 90% para 70% para que as amostras suportassem a fissuração sem romper.

Em seguida à geração das microfissuras, as amostras foram mantidas em cura submersa em água saturada com cal à 23 °C, conforme orientado pela ABNT NBR 5738 (2015), até atingirem as idades de 56, 84 e 112 dias, para que pudessem ser realizados os ensaios de resistência a compressão axial a absorção por capilaridade. No quadro 1 é apresentado um resumo, contendo a quantidade de corpos de prova utilizados, bem como os ensaios e as idades em que foram realizados.

Mistura	Ensaio		
	Resistência Média para Criação de Fissuras	Resistência à Compressão Axial	Absorção por Capilaridade
Sem Aditivo	28 Dias	56, 84 e 112 Dias	28, 56, 84 e 112 Dias
Aditivo 1	28 Dias	56, 84 e 112 Dias	28, 56, 84 e 112 Dias
Aditivo 2	28 Dias	56, 84 e 112 Dias	28, 56, 84 e 112 Dias
Aditivo 3	28 Dias	56, 84 e 112 Dias	28, 56, 84 e 112 Dias
Total de CPs	16	36	41

Quadro 1 – Idades e quantidades de corpos de prova por ensaio.

Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone

A consistência dos concretos produzidos foi analisada a partir do ensaio de abatimento do tronco de cone, seguindo todas as recomendações da ABNT NBR NM 67 (1998). O ensaio foi executado após o procedimento de mistura do concreto e foi fixado como parâmetro para ajustar a consistência do mesmo para atingir um abatimento de 145 ± 10 mm.

Este intervalo de abatimento foi escolhido para garantir uma boa trabalhabilidade dos concretos estudados e permitir a correta moldagem e adensamento dos corpos de prova, que foi feita de forma manual, seguindo as recomendações da ABNT NBR 5738 (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Abatimento do Tronco de Cone

O ensaio de abatimento foi realizado imediatamente após a mistura nos materiais na betoneira e seus resultados estão apresentados no quadro 2, junto a eles está apresentado a quantidade de água que sobrou, comparado ao traço inicial, para que fosse mantido o abatimento entre o intervalo de 145 ± 10 mm.

Ensaio de Abatimento de Tronco de Cone		
Mistura	Abatimento (mm)	Sobra de Água (ml)
Sem Aditivo	145	303,6
Aditivo 1	155	203,6
Aditivo 2	155	533,6
Aditivo 3	145	1168,6

Quadro 2 – Valores de abatimento dos concretos estudados.

Observando os valores de água que sobraram em cada mistura, nota-se que a diferença entre o menor e o maior consumo de água chega a uma variação de 573,97%, contudo como será demonstrado nas análises seguintes que esta diferença não acarretará em grandes diferenças tanto na consistência do concreto, quanto nas resistências iniciais.

Tal fato pode ser relacionado a duas causas principais. A primeira pode ser a diferença de umidade entre os agregados, que mesmo corrigida pode ter interferido na água de amassamento, pois para a correção de umidade é pego uma pequena amostra da quantidade total de agregados utilizada, existindo a possibilidade de uma variação entre a amostra ensaiada e o todo.

A segunda causa pode estar relacionada a adição dos aditivos cristalizantes, que podem interferir na consistência final do concreto, entretanto, esta propriedade poderia ser melhor avaliada utilizando materiais secos e realizando as diferentes concretagens no mesmo dia.

Resistência à Compressão Axial

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão axial foram tratados estatisticamente de modo a diminuir o seu coeficiente de variação e eliminar as amostras que pudessem interferir na avaliação do resultado final.

A comparação entre os resultados do ensaio de resistência à compressão axial é apresentada nos gráficos 1 e 2. O gráfico 1 exibe os resultados de resistência média obtidos, enquanto que o gráfico 2 expõe a comparação entre o ganho de resistência das 4 misturas testadas.

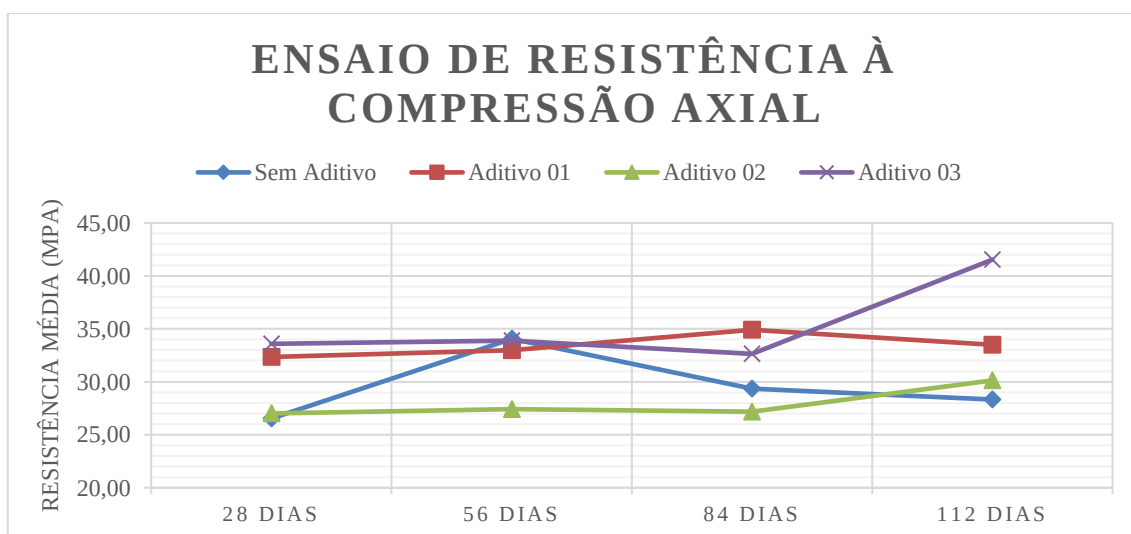


Gráfico 1 – Resistências médias obtidas no ensaio de resistência à compressão axial.

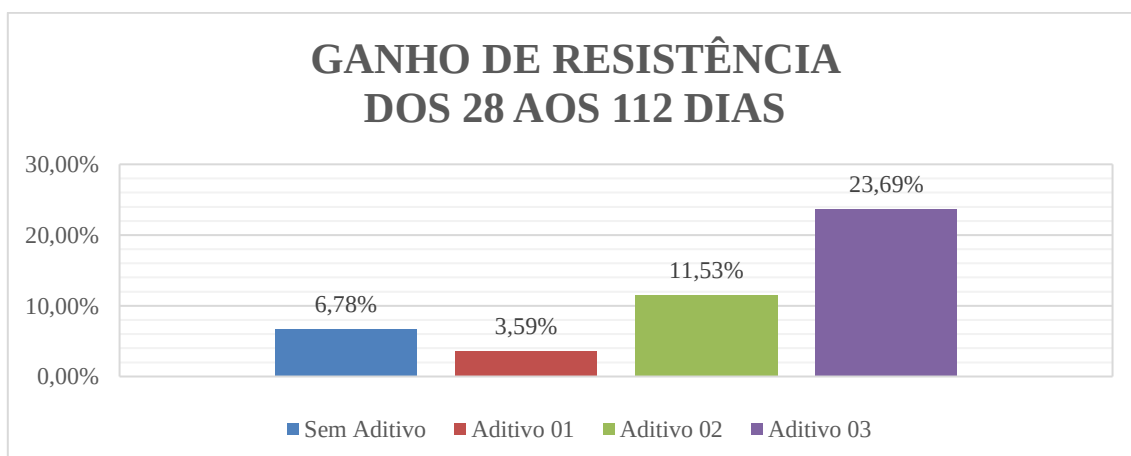


Gráfico 2 – Comparação entre o ganho de resistência nas misturas testadas.

Analisando os resultados expostos nota-se que todas as misturas testadas tiveram aumento de resistência à compressão do concreto dos 28 para os 112 dias, que neste estudo variou de 3,59% até 23,69%, porém constatou-se que o emprego dos aditivos cristalizantes, apenas em dois dos três casos estudados, contribuiu para que esse aumento fosse superior ao da mistura sem adição de aditivo cristalizante.

Dentre os aditivos testados é possível dizer, portanto, que o aditivo cristalizante 1 não apresentou um bom comportamento quando aplicado junto ao cimento CP II F-40, visto que o aumento de resistência dos 28 aos 112 dias foi inferior até mesmo ao aumento ocorrido na mistura sem o uso de aditivo cristalizante.

De maneira geral comprovou-se que o uso de aditivos cristalizantes funciona para o aumento da resistência, e no estudo realizado o aditivo cristalizante 3 foi o que apresentou o melhor resultado, atingindo um ganho de resistência que chegou a 23,69%.

Estudos anteriores, realizados por Oliveira (2014) e Pereira e Nascimento (2017), comprovam também a eficiência do uso de aditivos cristalizante para o aumento da resistência e explicam que esse resultado é ocasionado pela formação de cristais no interior do concreto, que o torna menos poroso, e então, mais resistente. Cappellesso (2016, p. 78), afirma também que os aditivos cristalizantes podem aumentar a resistência do concreto pois funcionam “como um ativador da hidratação do cimento, melhorando a microestrutura da pasta de cimento, além das reações dos silicatos presentes no produto com o hidróxido de cálcio resultando na formação de C-S-H.”

Analisando os dados de resistência inicial aos 28 dias, comprova-se também a interferência ocasionada pela variação da água no momento da moldagem das amostras, onde as misturas seguem um relação proporcional de menor resistência para um maior consumo de água, com exceção da mistura com o aditivo 2, que mesmo com um menor consumo de água apresentou uma resistência inicial menor que a do aditivo 1, fato que pode estar relacionado a diferentes variáveis, entre elas pode ter ocorrido uma moldagem ou adensamento incorretos. Entretanto, essas diferenças de resistência inicial não causaram problemas para análise geral dos resultados, pois o ganho de resistência de cada mistura foi calculado tendo como base sua resistência inicial aos 28 dias e posteriormente aos 112 dias.

Absorção por Capilaridade

Para os resultados do ensaio de absorção por capilaridade foi executado o mesmo tratamento que para o ensaio de compressão axial, excluindo assim, os valores que possuíam maior variação.

Nos gráficos 3 e 4 estão exibidos estes resultados, sendo que o gráfico 3 compara a quantidade de água absorvida nas diferentes idades e o gráfico 4 faz a comparação entre o total absorvido aos 28 e 112 dias.

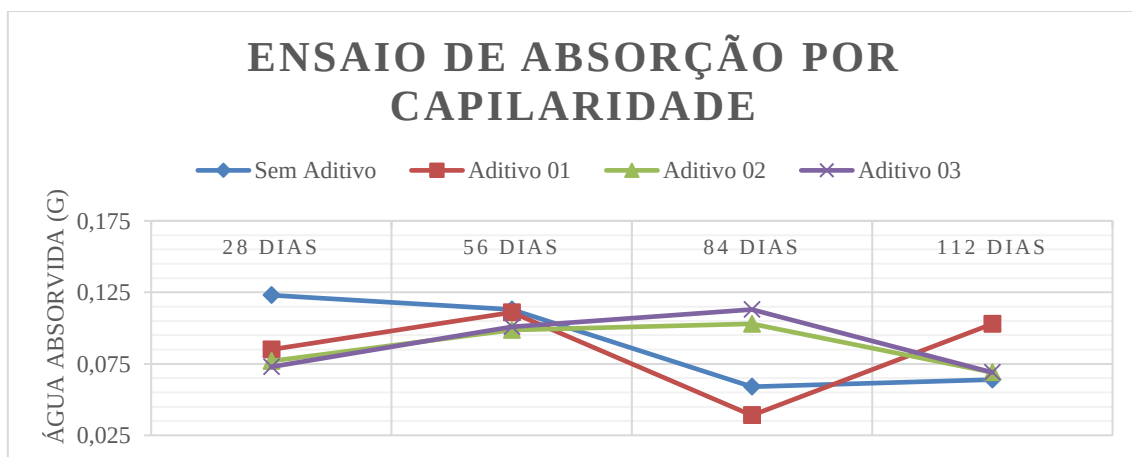


Gráfico 3 – Absorção média de água, em gramas, no ensaio de absorção por capilaridade.

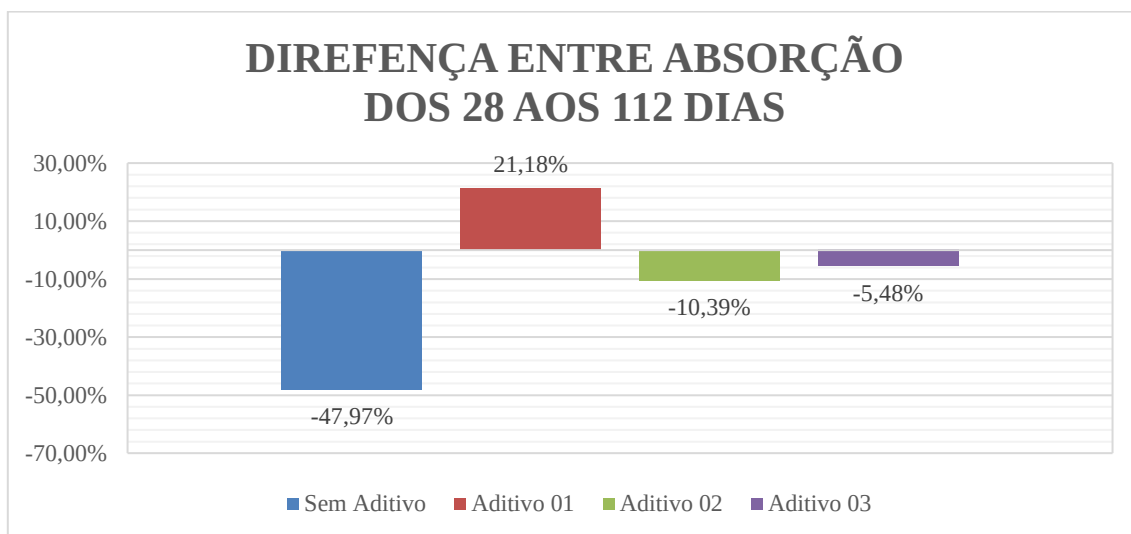


Gráfico 4 – Variação da absorção média de água.

Analizando estes dados não foi possível comprovar a funcionalidade prevista para os aditivos cristalizantes, uma vez que era esperando uma redução da absorção com o passar das idades, pois os poros estariam selados pela ação dos aditivos, o que impediria a absorção da água.

De fato houve sim uma redução da absorção nas misturas com os aditivos 2 e 3, mas estes valores, 10,39% e 5,48%, foram entre 5 e 10 vezes menores do que a absorção da mistura sem aditivo cristalizante, a qual teve uma redução de 47,97%. Já a mistura com o aditivo 1 apresentou resultados ainda piores, visto que mesmo com a aplicação de um aditivo cristalizante houve um aumento na absorção de água de 21,18%.

Em análise à situação ocorrida, constatou-se que o ensaio de absorção, visando avaliar a capacidade de recuperação do concreto e de selamento da fissuras, deveria ter sido feito com o mesmo corpo de prova para todas as idades, o que evitaria a variabilidade das amostras, e desta forma proporcionaria um resultado mais correto, levando em conta que a estrutura interna de cada corpo de prova é diferente e isto acaba influenciando na quantidade de água absorvida. Pereira e Nascimento (2017) encontraram esta solução, mesmo que a opção de utilizar o mesmo corpo de prova impeça que seja feita a ruptura das amostras ao final do ensaio, como recomenda a ABNT NBR 9779 (2012).

Outra justificativa, também encontrada por Pereira e Nascimento (2017, p. 46), é que talvez as amostras não estavam sob a mesma condição de secagem, pois “se os corpos-de-prova se encontram parcialmente saturados antes da imersão em água há menos espaço disponível para o preenchimento dos poros capilares, reduzindo assim a quantidade de água absorvida ao final do ensaio”.

CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo analisar o comportamento de aditivos cristalizantes quando aplicados em concretos convencionais, buscando, através de ensaios de resistência à compressão axial e absorção por capilaridade, determinar se o uso destes aditivos proporciona um aumento na resistência do concreto, bem como se houve o selamento das microfissuras causadas nas amostras. De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que:

- No estado fresco do concreto, como optou-se por deixar o valor de abatimento fixo em um intervalo, foi possível perceber uma grande redução na quantidade de água utilizada, em dois dos três aditivos testados, fato este que indica um possível aumento da trabalhabilidade do concreto quando dosado com o aditivo cristalizante;

- b) No estado endurecido do concreto, constatou-se um ganho expressivo de resistência à compressão nos concretos em dois dos três aditivos testados. Apresentando um aumento de 23,69% na resistência o aditivo 3 mostrou-se como a melhor opção a ser utilizada com o cimento CP II F-40, comprovando o aumento da resistência, que se acredita ter sido ocasionado pela formação de cristais do aditivo e diminuição dos poros do concreto.
- c) Ainda pelos resultados do ensaio de compressão axial pode-se perceber que o aumento de resistência ocasionado pelos aditivos cristalizantes começou ocorrer a partir dos 84 dias, indicando que seu efeito é provavelmente potencializado com o passar do tempo, entretanto para comprovar essa característica seria necessário um período de estudo mais longo;
- d) Em relação ao ensaio de absorção por capilaridade ficou claro que houve uma falha na maneira como o mesmo foi realizado, desta forma, os resultados obtidos não permitem avaliar com clareza a capacidade de selamento das microfissuras.

De modo geral, a realização deste estudo permitiu comprovar a eficiência dos aditivos cristalizantes no quesito de aumento da resistência à compressão, da mesma maneira que demonstrou que o aditivo 3 foi o que apresentou melhor desempenho. No entanto, a variação da quantidade de água causada pelos aditivos, demanda a necessidade de um estudo prévio do comportamento do concreto antes de sua utilização em obras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do 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 - 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.

CAPPELLESSO, Vanessa Giaretton. **Uso de impermeabilizante por cristalização para redução da permeabilidade do concreto.** Porto Alegre, 2016, 141 f. Trabalho de Diplomação do Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, Ana Luiza Alves de. **A influência do aditivo cristalizante nas propriedades do concreto fresco e endurecido.** Brasília, 2014, 74 f. Trabalho de Curso do Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário de Brasília.

PEREIRA, Bárbara Cicuto Gonçalves; NASCIMENTO, Raíssa Soares do. **Os efeitos de diferentes aditivos cristalizantes nas propriedades do concreto no estado fresco e endurecido.** Brasília, 2017, 71 f. Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica. Centro Universitário de Brasília.

TAKAGI, Emilio Minoru. **Concretos autocicatrizantes com cimentos brasileiros de escória de alto-forno ativados por catalisador cristalino.** São José dos Campos, 2013, 128 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Infraestrutura Aeroportuária. Instituto Tecnológico de Aeronáutica.



GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais



Área/Linha de Pesquisa: Estruturas

ESTUDO DO COMPORTAMENTO ADERENTE ENTRE BARRAS DE FIBRA DE BASALTO (BFRP) E O CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL (CAA)

Alunos: Vinícius André Tochetto, Guilherme Manfredini Bueno, Cezar

Augusto Paliga

Orientador: Marcos P. Cielo

Co-orientador: Daiane de Sena Brisotto

1. INTRODUÇÃO

O aparecimento do concreto armado na indústria da construção civil na primeira metade do século XX revolucionou a forma de construir, tornando-se rapidamente a solução estrutural mais utilizada. Entretanto, ao contrário do que se pensou inicialmente, o concreto armado tem uma durabilidade limitada, devido principalmente a problemas de corrosão nas armaduras de aço, originando anomalias também no concreto, e colocando em risco o desempenho das estruturas. O problema da corrosão compromete a durabilidade e reduz a vida útil para a qual as edificações foram destinadas, situação que além de afetar os parâmetros de segurança da construção, afeta o custo de manutenção destas. Esta situação teve um efeito impulsionador no desenvolvimento de soluções mais leves, menos suscetíveis aos efeitos de agentes agressivos e com menor necessidade de manutenção (FIB *Bulletin* n.40, 2007).

Neste contexto, no início da década de 1950, surgiram as primeiras aplicações de materiais compósitos reforçados com fibras (FRP's, do inglês "*Fiber Reinforced Polymers*") na indústria da construção. Estes materiais, já conhecidos e utilizados em outras áreas da engenharia, como a engenharia mecânica, naval e aeroespacial, são constituídos por fibras unidas por uma matriz polimérica e apresentam, comparativamente ao aço, as seguintes vantagens: (i) elevada resistência mecânica à tração; (ii) elevada resistência à corrosão; (iii) maior facilidade de transporte e aplicação devido à leveza; (iv) não condutividade magnética, térmica e elétrica (ACI 440 1R, 2015).

Recentemente, as barras de fibra de basalto (BFRP) surgiram como uma alternativa promissora aos FRPs convencionais, com potencial para fornecer benefícios que são comparáveis ou superiores aos outros tipos de FRPs (EL REFAI *et al.*, 2015). Estas barras têm demonstrado propriedades mecânicas e físicas superiores às barras de fibra de vidro (GFRP), com melhor relação custo/desempenho. Os estudos já realizados mostram que as mesmas apresentam maior resistência e módulo, melhor estabilidade química que as barras de GFRP, além de um custo muito menor do que as barras de fibra de carbono (CFRP) (SIM *et al.*, 2005; PALMIERI *et al.*, 2009; VIKAS, 2017). Entretanto, por serem relativamente novas, nenhum estudo abrangente sobre o comportamento mecânico e aderente das barras de BFRP incorporadas ao concreto foi realizado (WU *et al.*, 2014). Inclusive a falta de estudo e conhecimento sobre estas barras faz com que as mesmas não apareçam nas normativas de dimensionamento de estruturas de concreto armado reforçadas com FRP (EL REFAI *et al.*, 2015).

Em virtude do exposto acima, a busca por um melhor entendimento e informações sobre as barras de FRP, em especial as barras de fibras de basalto (BFRP - *Basalt Fiber Reinforced Polymer*), motivou esta pesquisa. Será realizada uma investigação experimental sobre o comportamento aderente entre o concreto de diferentes classes de resistência e barras de fibras de basalto de diferentes diâmetros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Ensaio de arrancamento

Diferentes ensaios estão disponíveis para a determinação da aderência da barra de FRP em estruturas de concreto. O ensaio de arrancamento (*pullout test*) é indicado apenas para a determinação da tensão de aderência, sendo que o valor resultante não deve ser usado para a definição de comportamentos de ancoragem e normas de projeto, apenas especificações para materiais e estudos comparativos do comportamento aderente para diferentes configurações de barras (ACI 440 3R, 2012).

O ensaio de arrancamento proposto pelo ACI 440 3R (2012), consiste em um bloco de concreto de 200x200x200 mm, com uma barra transpassada nos dois lados no centro do corpo de prova, a qual deverá ser tracionada, conforme indicado na Figura 1. O comprimento aderente mede cinco vezes o diâmetro da barra e o trecho não-aderente deve ser envolto com um tubo de PVC.

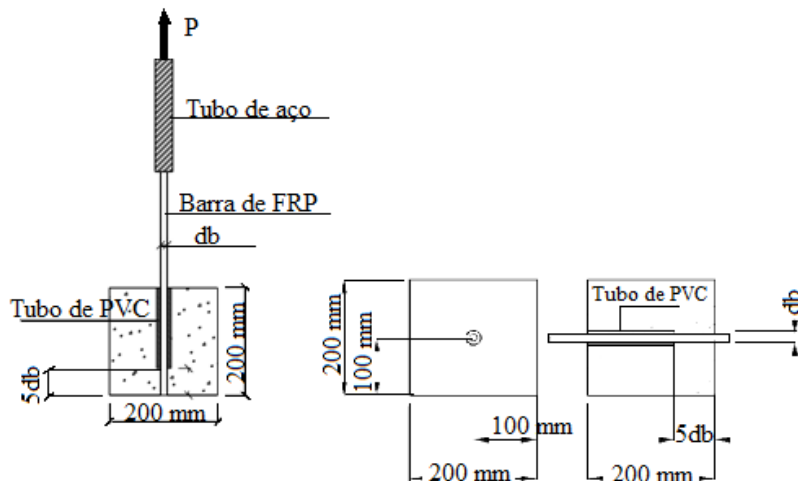


Figura 1 – Modelo de corpo de prova (ACI 440 3R, 2012).

A carga deve ser aplicada a uma taxa não maior que 20 kN/min ou 1,3 mm/min, dependendo do tipo da máquina de teste utilizada.

3. METODOLOGIA

Após a definição dos fatores controláveis e da variável de resposta, foi definida a matriz experimental da pesquisa (Tabela 1). A identificação das combinações segue a seguinte nomenclatura:

C – Ø Armadura, onde:

- C: Tipo de armadura, onde A = aço e B = BFRP;
- Ø: Diâmetro da armadura, onde 1 = 8,0 mm e 2 = 12,5 mm;
- Armadura: Classe de resistência à compressão do concreto, onde C25 = 25 MPa e C50 = 50 MPa;

Tabela 1 – Matriz experimental.

	Fatores controláveis			Variável de resposta	
Combinações	fck concreto (MPa)	Tipo de barra	Diâmetro da barra (mm)	Tensão de aderência (MPa)	Quantidade de CP's
C25 - 1A	25	Aço	8	28 dias	4
C25 - 2A			12,5		4
C25 - 1B		BFRP	8		4
C25 - 2B			12,5		4
C50 - 1A	50	Aço	8		4
C50 - 2A			12,5		4
C50 - 1B		BFRP	8		4
C50 - 2B			12,5		4

3.1. Dosagem do concreto auto-adensável

Para verificação do escoamento e da habilidade passante do concreto, foram realizados os testes do *slump flow* (NBR 15823-2, 2010) e da caixa-L (NBR 15823-4, 2010). Os resultados obtidos estão expressos na Tabela 2. Estes resultados devem ser comparados com os valores limites conforme a norma de cada ensaio, considerando-se a classe de viscosidade plástica aparente 2 (utilizada para a moldagem de vigas e pilares). Observa-se que os valores obtidos estão de acordo com o estipulado pela norma.

Tabela 2 – Resultados obtidos nos ensaios.

Classe do concreto	Slump Flow t500 > 2s	Espalhamento 650 < x < 750 mm	Caixa L H2/H1 > 0,8
C25	2,3 s	665 mm	0,92
C50	2,03 s	660 mm	0,89

Para verificar se o concreto atingiu a resistência necessária, foram moldados quatro corpos de prova cilíndricos para cada classe de resistência, conforme a NBR 5739 (2007). A resistência média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) dos corpos de prova estão expressos na Tabela 3, indicando que as resistências mínimas esperadas foram obtidas.

Tabela 3 – Resistência à compressão média, DP e CV.

Resistência à compressão do concreto (MPa)			
Classe de compressão do concreto (MPa)	Idade de ensaio		
	28 dias		
	Média	DP	CV (%)
C25	30,82	2,38	7,72
C50	52,43	4,08	7,78

3.2. Moldagem e cura dos corpos de prova

A moldagem dos corpos de prova foi realizada seguindo as recomendações da ACI 440 3R (2012), conforme especificado no item 2.1. A zona aderente, correspondente a cinco vezes o diâmetro da barra, apresentou um comprimento de 4 cm e 6,35 cm para as barras de 8 mm e 12,7 mm, respectivamente, enquanto que a zona não aderente foi envolvida com um tubo de PVC (Figura 2).



Figura 2 – Configuração final das barras empregadas.

Durante a preparação dos corpos de prova, para evitar o esmagamento da barra de BFRP na extremidade a ser tracionada, foi necessário realizar o revestimento desta extremidade com um tubo metálico de 0,9 mm de espessura (Figura 3 (a)). Para as barras com diâmetro de 8,0 mm foi utilizado um tubo metálico com diâmetro de 12,5 mm, enquanto que para as barras de 12,5 mm o tubo metálico possuía um diâmetro de 19 mm. A ancoragem do tubo de aço com a barra de BFRP foi feita com a utilização de resina epóxi Sikadur 32. A correta centralização da barra de BFRP no interior do tubo de aço foi garantida acomodando o corpo de prova em um gabarito de madeira, como mostrado na Figura 3.6 (b).



Figura 3 - a) Tubos metálicos utilizados para a proteção da ponta da barra de BFRP; b) Corpos de prova acomodados em um gabarito de madeira para centralização das barras de BFRP.

A desmoldagem dos corpos de prova ocorreu 72 horas após a concretagem e, posteriormente, os mesmos foram levados sobre o gabarito para a cura úmida ($UR > 95\%$ e temperatura de 23°C), onde permaneceram até a realização dos ensaios de arrancamento.

3.2. Ensaios de arrancamento

Os ensaios de arrancamento seguiram o recomendado pelo ACI 440 3R (2012). O equipamento utilizado para os ensaios foi a Máquina Universal de Ensaios da marca INSTRON/EMIC, com capacidade para 100 kN, disponível no Laboratório de Ciência dos Materiais e Ensaios Mecânicos da URI Erechim. Para a realização dos ensaios foi necessário acoplar um suporte ao equipamento para garantir que o cubo de concreto não se movimentasse durante a aplicação da carga, como mostra a figura 4.



Figura 4 – Máquina utilizada nos ensaios.

O valor médio desta tensão, chamada de Tensão de Aderência, é definido pela seguinte equação:

$$\tau_{\text{máx}} = P / (\pi * \varnothing * l_b) \quad (1)$$

onde:

- τ - tensão de aderência em MPa;
- π - PI em radianos;
- P - Força de tração em kN;
- $\varnothing$ - diâmetro da barra em cm;
- l_b - comprimento aderente em cm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Influência do tipo de armadura

A influência do acabamento superficial das barras entre os valores médios da tensão máxima de aderência pode ser observada na Tabela 4 e a Figura 5, onde comparou-se os valores de tensão entre combinações com concreto de mesma classe de resistência e barras de mesmo diâmetro.

Tabela 4 – Influência do tipo de barra na tensão de aderência máxima.

τmáx (MPa)			
Combinação	Tipo de barra		Variação (%)
	A	B	
C25-1	24,32	10,25	137,27
C25-2	25,56	31,51	23,28
C50-1	27,95	14,5	92,76
C50-2	27,17	31,14	14,61

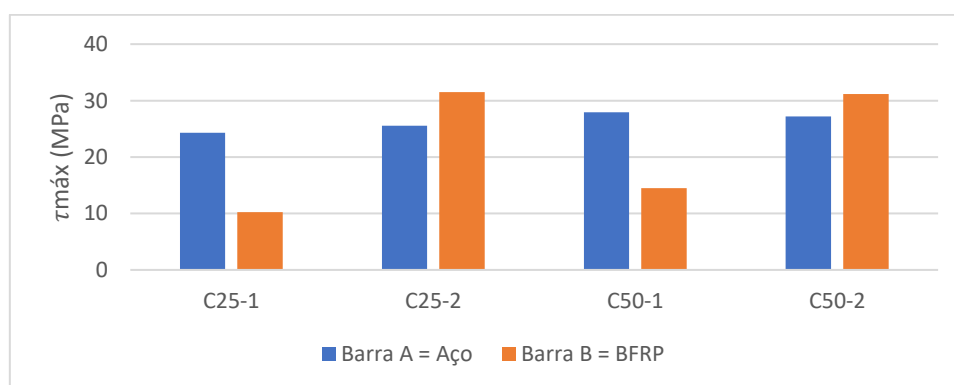


Figura 5 - Influência do tipo de barra na tensão de aderência máxima.

Os resultados encontrados nesta pesquisa indicam que, considerando as barras de 8,0 mm de diâmetro, as armaduras de aço atingem valores de tensão de aderência maiores em relação as de fibras de basalto, sendo esta diferença de 137,27 % e 92,76% para os concretos C25 e C50, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com o apresentado por Couto (2007) e Golafshani *et al.* (2014), que também analisaram barras de FRP de 8 mm, porém de fibra de vidro. Entretanto, em relação as barras de 12,5 mm, as armaduras de BFRP apresentaram valores de tensão de aderência superiores às barras de aço, com um acréscimo de 23,28 % e 14,61% para os concretos C25 e C50, respectivamente, indo de encontro com o apresentado por Rolland (2018), onde as barras de FRP com diâmetro de 12,7 mm atingiram tensões maiores que as barras de aço

5. CONCLUSÕES

Quanto ao tipo de armadura, para os diâmetros de 8,0 mm, as barras de aço obtiveram uma tensão de aderência superior às barras de BFRP, uma vez que a presença das nervuras provoca um maior engrenamento mecânico na interface aço-concreto. Porém para as barras de 12,5 mm as barras de BFRP tiveram uma tensão de aderência superior às de aço.

Por fim, buscou-se com esta pesquisa contribuir para um melhor entendimento dos mecanismos de transferência de esforços entre o concreto e as barras de fibras de basalto, de maneira a criar elementos para o dimensionamento de estruturas com mais segurança através da criação de uma norma de projeto.

REFERÊNCIAS

_____. **ACI 440.1R-15**: Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars. Farmington Hills, Michigan, 2015.

_____. **ACI 440.3R-12**: Guide test methods for fiber- reinforced polymer (FRP) composites for reinforcing or strengthening concrete and masonry structures, ACI, pp. 1–27, 2012.

_____. **NBR 15.823-2**: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15.823-4**: Determinação da habilidade passante - Métodos da caixa L e da caixa U. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15.823-5**: Determinação da viscosidade – Método do funil V. Rio de Janeiro, 2010.

COUTO, I. A. **Análise teórica e experimental do comportamento da aderência entre o concreto e barras de fibra de vidro impregnada por polímero**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, EESC, São Carlos – SP, 2007.

EL REFAI, A., AMMAR, M., MASMOUDI, R. Bond performance of basalt fiber-reinforced polymer bars to concrete. **Journal for composites in construction**. v.19, n.3, p. 395- 406, 2015.

FIB. FRP reinforcement in RC structures, **Bulletin d'Information de la Federation Internationale du Beton**, n.40, 2007.

GOLAFSHANI, E. M; RAHAI, A.; SEBT, M. H. Bond behavior of steel and GFRP bars in self-compacting concrete. **Construction and Building Materials**, v.61, p.230240, 2014.

Palmieri A., S. Matthys, M. Tierens, K. Pikakoutas, Basalt fibers for reinforcing and strengthening concrete, in: **Proc. of the 9th International symposium on fiber-reinforced Polymer reinforcement for concrete structures**, Sydney, Australia: FRPRRCS-9, p. 4, 2009.

RIL, F. “**Paredes de concreto moldadas in loco: estudo da influência da variação da espessura e adição de fibras frente à tração na flexão**”. Trabalho de diplomação, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS. 2016.

ROLLAND, Arnaud et al. Experimental investigations on the bond behavior between concrete and FRP reinforcing bars. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 173, p.136-148, jun. Elsevier BV, 2018.

Sim J., Park C., Moon D., Characteristics of basalt fiber as a strengthening material for concrete structures, **J. Compos. B** 36 (6–7) 504–512, 2005.

VIKAS, G.; SUDHEER, M.. A Review on Properties of Basalt Fiber Reinforced Polymer Composites. **American Journal Of Material Science**. Mangaluru, p. 156-168. maio 2017.

Wu g., Dong Z., Wang X., Zhu Y., Wu Z., Prediction of long-term performance and durability of BFRP bars under the combined effect of sustained load and corrosive solutions, **J. Compos. Constr.**, ASCE 04014058/1–04014058/9, 2014.

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais****Área/Linha de Pesquisa: Geotecnia ambiental**

Engenharia Mecânica

**MÉTODOS DE BIORREMEDIAÇÃO DO SOLO CONTAMINADO POR
PETRÓLEO E DERIVADOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA****Alunos: Vinícius A. Tochetto, Giovani J. Bruschi, Tainã Zanella Abrão,
Éverton Loregian, Pedro Vitor Parmigiani e João Vitor Orso
Orientador: Suelen Vanzetto****1. INTRODUÇÃO**

Para a geração de energia e transportes o petróleo é de suma importância, tendo uma demanda global indispensável (FINOTTI *et al.*, 2017; HAN *et al.*, 2015; MNIF *et al.*, 2017). O grande aumento do consumo de derivados do petróleo teve como consequência uma maior degradação do meio ambiente por conta de falhas no armazenamento, destinação e manuseio dos produtos (PUGAS, 2015, FERNÁNDEZ *et al.*, 2016).

Em todo planeta o transporte e refinamento do petróleo têm contribuído para a contaminação do solo com hidrocarbonetos (LOPES; PIEDADE, 2010). Por conta disso, os novos casos de contaminação do solo e água provocaram uma grande preocupação, que mesmo em pequenas quantidades podem oferecer um grande perigo à saúde humana e ao meio ambiente (SOUZA *et al.*, 2010).

A biorremediação é uma alternativa viável e promissora para locais onde o solo foi contaminado por petróleo e derivados. Esta técnica remedia locais impactados por contaminação orgânica e se constitui na utilização de populações microbianas, que tenham a capacidade de modificar ou decompor poluentes, deixando-os menos nocivos (ROCHA, 2013).

A biorremediação se baseia em três pontos básicos: micro-organismo com capacidade metabólica para degradação de algum componente contaminante; a disponibilidade do contaminante; e as condições ambientais ideais para o desenvolvimento microbiano (PEREIRA e LEMOS, 2005).

Há várias técnicas que auxiliam no processo de biorremediação, portanto, para decidir qual a técnica que será utilizada, além dos três pontos descritos acima, é necessário realizar uma análise criteriosa e individual do solo que está contaminado (ANDRADE *et al.*, 2007). Este trabalho tem como o objetivo avaliar alguns métodos de biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados, bem como as vantagens e desvantagens de cada técnica.

2. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão qualitativa a partir de 20 trabalhos científicos, sendo eles publicados nas línguas portuguesa e inglesa, nos sites Google Acadêmico e feita análises de dados demonstrando as principais formas de remediação do solo contaminado por petróleo e seus derivados, e as desvantagens e vantagens de cada técnica de biorremediação.

Foi estabelecido a não utilização de trabalhos que tivessem mais de 25 anos de publicação e artigos que não fosse do idioma português ou inglês.

Tochetto, V. A.; Bruschi, G. J.; Abrão, T. Z.; Loregian, E.; Parmigiani, P. V.; Orso, J. V.; Vanzetto, S. C.

Métodos De Biorremediação Do Solo Contaminado Por Petróleo E Derivados: Uma Revisão Bibliográfica

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após análise de alguns artigos, foi possível concluir que para a escolha correta da biorremediação é necessário avaliar a composição do solo e as condições ambientais. A seguir serão apresentadas as principais técnicas utilizadas para o processo de biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados, apresentando também suas respectivas vantagens e desvantagens.

3.1. *In situ*

A biorremediação *in situ* é realizada no local da contaminação, ou seja, que não se tem necessidade de remoção de material, fazendo custos diminuírem e problemas ambientais relacionados à movimentação do material contaminado para tratamento (JACQUES *et al.*, 2006; MARIANO, 2006).

3.2. Bioaugmentação

A bioaugmentação pode utilizar apenas um tipo de microrganismo ou um consórcio microbiano misto (FERNÁNDEZ *et al.*, 2016; ZABBEY *et al.*, 2017). Esta forma de biorremediação é promissora por ser de baixo custo, com alto desempenho e pouca utilização de tecnologia, onde sua eficácia pode ser influenciadas por fatores abióticos (pH, propriedades do solo, estrutura química, concentração, etc.) e bióticos como a escolha dos microrganismos corretos ou predação por protozoários (MROZIK; PIOTROWSKA- SEGET, 2010). Em contrapartida, não existem relatos sobre uma única espécie de microrganismos capazes de degradar todos os componentes do petróleo (ZABBEY *et al.*, 2017).

3.3. Bioestimulação

Fatores ambientais que podem ser controlados ou ajustados com a inserção de nutrientes biopolímeros e biosurfactantes são descritos como bioestimulação (JIANG *et al.*, 2016). A bioestimulação envolve a melhoria das condições operacionais que afetam o processo de biorremediação, tais como: concentração de nutrientes, pH e teor de umidade para melhoria do potencial de microrganismos autóctones, porém possui uma desvantagem importante podendo necessitar de repetidas aplicações (FERNÁNDEZ *et al.*, 2016).

3.4. Bioventilação

Envolve a adição de oxigênio nos poros ou vazios do solo com a finalidade de facilitar a procriação de microrganismos (ZABBEY *et al.*, 2017). Se mostra muito eficiente na remediação de uma mistura de diesel com biodiesel apresentando uma maior taxa de remediação. Estudos mostram uma eficiência

de 85% na degradação de produtos nocivos quando esta técnica foi utilizada, porém baixa umidade, temperaturas baixas e solos com permeabilidade reduzida, podem comprometer a eficiência desta técnica (THOMÉ *et al.*, 2014).

3.5. *Ex situ*

Para a biorremediação *ex situ*, é necessário que o material contaminado seja retirado do local e levado para outro adequado e é utilizada para conter o espalhamento do contaminante (SANTOS *et al.*, 2007). Produzem um resultado rápido e possuem uma maior versatilidade para descontaminação por vários poluentes, porém esta técnica é cara devido à movimentação do material (ABBAS, 2003).

4. DISCUSSÃO

Após análise dos artigos, foi possível fazer uma breve comparação sobre as vantagens e desvantagens de cada técnica utilizada para a biorremediação.

Para iniciar um processo de biorremediação é necessário avaliar propriedades do solo onde será realizada a técnica, bem como as condições do ambiente (Andrade *et al.*, 2010). Jacques *et al.* (2007) afirma que solos com grandes quantidades de água prejudicam algumas técnicas.

Nano *et al.* (2003) afirmam que a técnica *ex situ* é vantajosa devido sua facilidade de aplicação e rapidez, porém tem um alto custo. Porém Jacques *et al.* (2007) afirma que a técnica *in situ* é mais vantajosa, pois oferece um baixo custo e impacto ambiental.

Para Mariano (2006), a bioaumentação tem como sua grande vantagem intensificar o processo de biodegradação do ambiente, mas se for mal executada oferece riscos ao meio ambiente, precisando de autorização de órgãos governamentais e fiscalização ambiental para a execução (ANDRADE *et al.*, 2010). Já a técnica de bioestimulação possui um custo baixo e aumenta a taxa de biodegradação (FERNÁNDEZ *et al.*, 2016). Por tanto, para Leavitt e Brown (1994), a melhor técnica seria a bioestimulação, levando em conta custo e desempenho.

5 CONCLUSÃO

Por conta do grande risco ambiental que o petróleo e seus derivados oferecem a saúde humana e aos ecossistemas, as maiores produtoras destes produtos visam minimizar os impactos ambientais causados por estes produtos. Uma alternativa muito utilizada é a biorremediação que visa solucionar o problema utilizando microrganismos para a decomposição do agente nocivo.

São várias as técnicas ofertadas para tratamentos de solos contaminados por estes produtos, podendo ser aplicada *in situ* ou *ex situ*, dependendo da necessidade, condição ambiental ou contaminante. A bioestimulação se destaca por ser um processo que exige um baixo custo e uma boa resposta, porém deve-se analisar se realmente é aplicável à situação.

Tochetto, V. A.; Bruschi, G. J.; Abrão, T. Z.; Loregian, E.; Parmigiani, P. V.; Orso, J. V.; Vanzetto, S. C.

Métodos De Biorremediação Do Solo Contaminado Por Petróleo E Derivados: Uma Revisão Bibliográfica

A biorremediação é um processo eficiente para a remoção de contaminantes do solo, porém para a otimização das técnicas é necessária uma avaliação minuciosa da área contaminada, para a melhor escolha do microrganismo a ser utilizado.

REFERÊNCIAS

ABBAS, Marilda Zanoni Mariotti. **A biorremediação como ferramenta para a minimização de problemas ambientais**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2003.

ANDRADE, Juliano de Almeida; AUGUSTO, Fábio; JARDIM, Isabel Cristina Sales Fontes. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética química**, São Paulo, 2007.

CARNEIRO, Danielle de Arruda; GARIGLIO, Lucas Paulo. A biorremediação como ferramenta para a descontaminação de ambientes terrestres e aquáticos. **Revista Tecer**, Belo Horizonte, Vol 3, nº 4, 2010.

FERNÁNDEZ, E. L. et al. Kinetic modelling of a diesel-polluted clayey soil bioremediation process, **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 557–558, n. 29, p. 276-284, 116 2016.

FINOTTI, A. R. et al. Avaliação da influência do etanol sobre o grau de volatilização BTEX em solos impactados por derrames de gasolina/etanol. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 4 p. 443-448, 2009.

HAN, J. et al. A comparative assessment of resource efficiency in petroleum refining. **Fuel**, London, v. 157, n. 36, p. 292-298, 2015.

JACQUES, Rodrigo Josemar Seminoti; BENTO, Fátima Menezes; ANTONIOLLI, Zilda Inês; CAMARGO, Flávio Anastácio de Oliveira. **Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclico**. São Gabriel: UNIPAMPA, 2006.

JIANG, Y. et al. Insights into the biodegradation of weathered hydrocarbons in contaminated soils by bioaugmentation and nutrient stimulation, **Chemosphere**, Oxford, v. 161, n. 36, p. 300-307, 2016.

LEAVITT, M.; BROWN, K. L. Bioestimulation versus bioaugmentation three case studies. **Lewis publishers**. Boca Raton, p.72, 1994.

LOPES, A.; PIEDADE, M. T. F. O período da contaminação com petróleo influencia a rebrota de *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock em solo de várzea da Amazônia Central? *Biota Neotropica*, Campinas, v. 10, n. 4, p. 143-148, 2010.

MARIANO, Adriano Pinto. **Avaliação do pontencial de biorremediação de solos e de águas subterrâneas contaminados com óleo diesel**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006.

MNIF, I. et al. Antifungal efficiency of a lipopeptide biosurfactant derived from *Bacillus subtilis* SPB1 versus the phytopathogenic fungus, *Fusarium solani*. **Environmental Science and Pollution Research International**, Landsberg, v. 22, n. 22, p.18137-18147, 2015.

MROZIK, A.; PIOTROWSKA-SEGET, Z. Bioaugmentation as a strategy for cleaning up of soils contaminated with aromatic compounds. **Microbiological Research**, Jena, v. 165, n.5, p. 363-375, 2010.

NANO, G.; BORRONI, A.; ROTA, R. Chorume combinado e biorremediação em fase sólida de solos contaminados com diesel. **J. Hazard. Mater**, Vol. 100, Edições 1-3, P. 79-94, 2003.

PEREIRA, Lucas Tupi Caldas; LEMOS, Judith Liliana Solorzano. Degradação de hidrocarbonetos por *Aspergillus niger* e *Penicillium corylophilum*. **Comunicação Técnica elaborada para a XII JIC-CETEM**, Rio de Janeiro 2005.

PUGAS, M. S. **Efeitos secundários resultantes da aplicação de métodos oxidativos para degradação de contaminantes orgânicos em solos**. 2015. 125 f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São PauloUSP, São Paulo, 2015.

ROCHA, Carla Alina. **Avaliação dos principais micro-organismos e técnicas utilizados na biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados**. 2013. 140 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Instituto Metodista Izabela Hendrix, Belo Horizonte, 2013.

SANTOS, Renata M; RIZZO, Andréia C. L; SOBRAL, Luiz G.S. **Remediação de solo contaminado por petróleo em biopilhas – escala piloto**. Campinas: Centro de tecnologia mineral CETEM, 2007.

SOUZA, D. B.; BRITO, G. C. B.; VANCONCELOS, F. C. W.; BRAGA, L. C. Estudo de micro-organismos presentes em uma área contaminada por gasolina comercial. **Revista de estudos ambientais**, Blumenau, v. 12, n. 2, p. 38-46, 2010.

THOMÉ, A. et al. Bioventing in a residual clayey soilcontaminated with a blend of biodiesel and diesel oil. **Journal Environmental Engineering**, New York, v. 140, n. 11, p. 1–6, 2014.

ZABBEY, N. et al. Remediation of contaminated lands in the Niger Delta, Nigeria: prospects and challenges. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 586, n. 90, p. 952-965, 2017.



UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO
ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM



VII MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E
TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

28 de novembro de 2018

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais****Área/Linha de Pesquisa: Engenharia de produção****A PRODUÇÃO DE ACESSÓRIOS POR MEIO DA MANUFATURA****ADITIVA: PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO****Aluno: Caroline Ceron Vendruscolo****Orientador: Jessie Carvalho Bruhn**

INTRODUÇÃO

A Manufatura Aditiva (AM) é aplicada em áreas da medicina, indústria aeroespacial e aeronáutica, setores calçadista e de acessórios, na produção de óculos e joias, e apresenta a vantagem para fornecer maior liberdade de *design* para criar projetos complexos de se fabricar usando métodos tradicionais. O estudo das melhores práticas de desenvolvimento de novos produtos destina-se a auxiliar os gerentes no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), e é objeto de publicações nos últimos anos. No entanto, a adoção de tais práticas depende de fatores como características do produto, mercado, aspectos culturais ou região onde a empresa atua.

Relatórios do McKinsey Global Institute (2014) demonstram que a expectativa de crescimento do mercado de joias e semi-joias é de até 6% ao ano. O desenvolvimento do mercado de joias também depende da criatividade dos joalheiros, que necessitam buscar novas tendências, não somente na hora de elaborar o projeto das peças, mas também na utilização de materiais diversos para a fabricação (TRASLATTI, 2015).

A estruturação do processo de PDP é benéfica para as empresas, pois melhora a compreensão das necessidades dos clientes nas fases iniciais do desenvolvimento, diminui o retrabalho nas etapas de desenvolvimento e facilita o controle de custos, qualidade e cronograma durante o desenvolvimento (ECHEVESTE, ROZENFELD E FETTERMANN, 2017).

Portanto, as organizações buscam maneiras de melhorar sua proficiência em PDP para garantir a sobrevivência e o crescimento contínuo. As tecnologias AM estão criando um mundo de possibilidades que pode levar uma organização a novas direções e ajudar a lançar novos negócios e modelos de negócios. AM leva alta velocidade ao processo de PDP, encurtando o tempo de colocação no mercado (ACHILLAS *et al.*, 2015).

Diante do exposto, o principal objetivo deste estudo é desenvolver um produto voltado para o setor de moda, com foco em acessórios como anéis, brincos e colares, baseado no PDP, por meio da manufatura aditiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o levantamento do referencial teórico acerca do PDP e AM, utilizou-se a busca de palavras-chave nas bases de dados Web of Science, Science Direct e Scopus, resultando na análise de 53 artigos. Quanto ao mercado de acessórios, estudou-se sites auxiliares de pesquisa, como o Google Scholar e blogs. Para escolha o modelo de PDP adequado a proposta, comparou-se 8 modelos de referência, com base no referencial teórico apresentado. A ferramenta Quality Function Deployment (QFD) foi utilizada para a determinação dos itens de qualidade demanda pelo público-alvo em estudo, caracterizado por mulheres de 17 a 50 anos. Tais itens foram traduzidos em requisitos que, por fim, determinaram as especificações de projeto. Para o desenvolvimento do projeto produto utilizou-se o software NX 11.0 que foi, posteriormente impresso na impressora Zortrax M200.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo de referência de PDP escolhido para elaborar o trabalho foi o de Rozenfeld, devido a ser o mais completo, por conter todas as fases. Conforme Rozenfeld et al. (2006), o modelo é adaptado conforme a proposta do produto a ser desenvolvido. Adaptou-se o modelo por ele proposto, e elaborou-se o plano de desenvolvimento do produto, conforme Fig. 1.



Figura 1 – Etapas adaptadas do processo de desenvolvimento de produto

Como proposto, o foco deste trabalho é o desenvolvimento do produto por meio da manufatura aditiva, portanto o pré-desenvolvimento e pós-desenvolvimento não são abordados. Após o planejamento do projeto, realizou-se uma pesquisa de mercado, conforme modelo proposto do QFD por (RIBEIRO *et al.*, 2001), e obteve-se características e requisitos dos clientes, desejando que a peça tenha: brilho, delicadeza, leveza, exclusividade, resistência e que não enrosque. Com os resultados obtidos, elaborou-se o quadro 1, que contém as características a serem executadas, bem como a especificação do projeto para atender as necessidades dos clientes.

Itens de Qualidade Demandada			Característica	Especificação de projeto
Design	Aspectos Visuais	Brilho	Aspecto visual dos materiais	Material com aspecto brilhoso ou metalizado
	Projeto	Delicadeza	Design peça	Espessura máxima das sessões
				Cantos arredondados
		Leveza	Especificação dos materiais	g/volume impresso
		Exclusividade	Ser único	Projeto personalizável
Desempenho	Resistência		Tempo de vida	Direção da camada de impressão perpendicular ao maior esforço na peça
	Não enroscar		Acabamento	Peça final sem presença de fios soltos

Quadro 1 - Especificação do Projeto

Para atender as expectativas dos clientes, o produto escolhido para ser desenvolvido, baseado nas tendências de moda foi um colar fundamentado no desenho de flores, juntamente com uma letra,

tornando o objeto personalizado. Para isso, coletou-se 3 caligrafias distintas, sendo elas: M, A e J, conforme figura 2. As letras são adaptadas ao projeto, tornando-o personalizável, conforme figura 3.

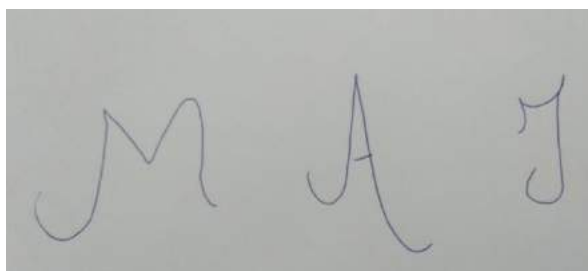


Figura 2 - Caligrafias coletadas para confecção dos colares



Figura 3 – Projeto dos produtos

O software de impressão 3D intuitivo oferecido pela Zortrax, Z-SUITE 2.7.0.0, trabalha com a maioria dos programas de modelagem 3D. A preparação para produção do produto, iniciou-se gerando os arquivos de impressão no software Z-SUITE 2.7.0.0 para as três peças, juntamente com os parâmetros de impressão. A temperatura de extrusão utilizada é de 265°C e a temperatura da plataforma é de 40°C. Não é necessário o uso de suportes para a impressão, e a camada de impressão é de 0.19 mm. A figura 4 demonstra a fase de preparação para posterior impressão.

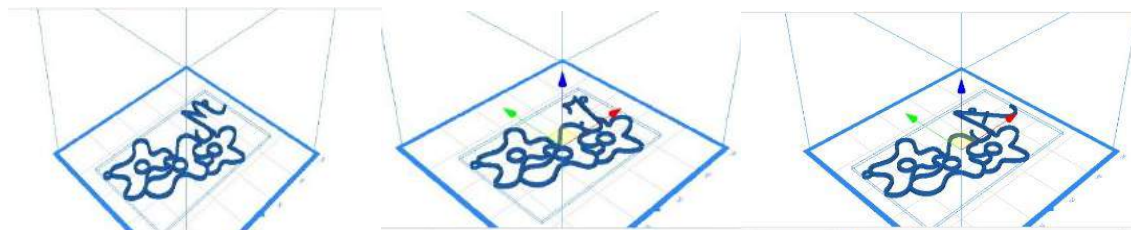


Figura 4 - Preparação de arquivos para impressão

O tempo de impressão estimado da peça, intitulada M, é de 2 horas e 14 minutos, com 4.74 metros de filamento de PLA utilizado. O volume da peça é de aproximadamente 12.09 cm³ e a massa de 15 gramas.

O tempo de impressão estimado da peça, intitulada J, é de 2 horas e 4 minutos, com 4.36 metros de filamento de PLA utilizado. O volume da peça é de aproximadamente 11.29 cm³ e a massa de 14 gramas.

O tempo de impressão estimado da peça, intitulada A é de 2 horas e 13 minutos, com 4,69 metros de filamento de PLA utilizado. O volume da peça é de aproximadamente 12.09 cm³ e a massa de 15 gramas.

Após realizado a preparação dos arquivos, optou-se por imprimir somente uma peça, com a letra J, conforme exposto na figura 5.



Figura 5 – Produto Final

Com o produto impresso, analisou-se as características que os clientes esperavam do mesmo. O requisito brilho foi atingindo por meio do PLA escolhido para a impressão. A peça não possui pontas que possam ser desconfortáveis aos clientes, devido aos cantos arredondados. O produto mostrou-se resistente e sem a presença de fios soltos e ainda atingiu a característica de personalizável.

A peça impressa possui volume de $11,29 \text{ cm}^3$, multiplicando pela densidade do PLA, que é de $1,24 \text{ g/cm}^3$ obtém-se uma massa de aproximadamente 14,00 gramas. Comparado o PLA com a liga de prata-cobre na proporção de 92,5 de prata pura (Prata925) e os 7,5% restante de cobre para a fabricação do produto, a peça apresentaria uma composição de aproximadamente $10,44 \text{ cm}^3$ de prata pura e $3,56 \text{ cm}^3$ de cobre. Multiplicando os valores pelas suas respectivas densidades, a peça teria aproximadamente 141,30 gramas se fabricada com a liga prata-cobre, ou seja, um aumento de massa de aproximadamente 909,28%, comparando com o PLA. A prata pura possui densidade de $10,49 \text{ g/cm}^3$ e o cobre $8,93 \text{ g/cm}^3$.

CONCLUSÕES

A AM iniciou na joalheria como em outros segmentos como ferramenta de prototipagem, depois, conforme os custos foram baixando, passou a ser ferramenta na etapa modelagem, substituindo a modelagem manual. Uma grande vantagem da AM é a redução no número de etapas para se fabricar uma peça, independentemente de sua complexidade. Nos métodos comuns, conforme se eleva o número de detalhes da peça, os estágios de fabricação tendem também a aumentar e, consequentemente os custos.

Entre outras vantagens da AM, destacam-se a produção de peças mais leves e eficientes, devido a escolha de materiais a serem utilizados. Possibilidade de fabricação próxima ao consumidor, devido a possibilidade de personalização dos produtos. E ainda, a facilidade de impressão de peças complexas.

Frente a isso entende-se que a produção de acessórios por meio da AM pode trazer vantagens ao processo produtivo como um todo. As tecnologias AM estão criando um mundo de possibilidades que pode levar uma organização a novas direções e ajudar a lançar novos negócios e modelos de negócios. AM leva alta velocidade ao processo de PDP, encurtando o tempo de colocação no mercado. Um processo de PDP constante e eficaz é amplamente considerado uma maneira de estimular a competitividade, no atual cenário de concorrência e globalização.

A fabricação do colar em PLA mostrou-se satisfatório em relação ao atendimento dos itens de qualidade demandas pelo público-alvo e que estas vantagens descritas na literatura podem ser alcançadas de forma prática, proporcionando, por exemplo, uma redução de 909,28% na massa final do produto, em comparação com uma liga de prata-cobre.

REFERÊNCIAS

ACHILLAS, C. *et al.* **A methodological framework for the inclusion of modern additive manufacturing into the production portfolio of a focused factory.** Journal of Manufacturing Systems, v. 37, p. 328–339, 2015.

ECHEVESTE, M. E. S.; ROZENFELD, H.; FETTERMANN, D. DE C. **Customizing practices based on the frequency of problems in new product development process.** Concurrent Engineering, 2017.

RIBEIRO, J. L. D.; ECHEVESTE, M. E.; DANILEVICZ, A. M. F. **A Utilização do QFD na Otimização de Produtos, Processos e Serviços.** Série Monográfica Qualidade. Porto Alegre: FEENG/PPGEP/EE/UFRGS, 2001.

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para melhoria de processo.** São Paulo: Saraiva, 2006.

TRASLATTI, J. S. *et al.* **Análise do Perfil do Consumidor de Joias na Região Sul do Brasil.** V Congresso de Pesquisa e Extensão da FSG III Salão de Extensão, 2017.

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais**
Área/Linha de Pesquisa: Engenharia de Produção**GESTÃO ESTRATÉGICA DE ESTOQUES E ARMAZENAGEM DE**
PRODUTOS ACABADOS: UMA PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DOS
PROCESSOS**Aluno: Jaqueline Paula Romanowski****Orientador: Prof. Me. Oséias Esmelindro****INTRODUÇÃO**

O Brasil é um dos países com maior produção e consumo de produtos de origem animal, deste modo há uma busca incessante por melhorias em seus processos para que por meio destes a indústria possa suprir e saciar as necessidades dos consumidores a fim de aumentar sua produtividade (PEREIRA, 2002). Assim as organizações que utilizarem de metodologias com bases em suas estratégias têm muito mais chances de se destacarem com relação à concorrência e atender às exigências dos consumidores. (PRADELA, FURTADO e KIPPER, 2012; MENEGHELLI, 2016). Diante da demanda de produção existente na estrutura fabril, O principal objetivo deste trabalho é alinhar os processos de planejamento e controle da produção, propondo melhorias na gestão de estoque e armazenagem de produtos acabados por meio da comparação de ferramentas de apoio a tomada de decisão o software Plant simulation e AHP (*AnalyticHierarchyProcess*) em uma fábrica de Rações localizada na região do alto Uruguai Gaúcho.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o alinhamento dos processos os métodos devem incluir aprofundamento na pesquisa do referencial teórico, servindo como base e instrumento de apoio para o desenvolvimento do estudo antes de toda a evolução do trabalho, sequestrando a extração de dados relacionados aos processos do PCP e aos processos de produção, bem como itens produzidos, capacidade de produção e estocagem, histórico de produção, demandas diária bem como o custo, análise dos dados coletados a fim de absorver apenas o necessário de uso para o andamento de um bom trabalho, mapeamento dos processos e suas atividades para que possibilite ao leitor maiores conhecimentos dos processos da fábrica que envolve o PCP, a gestão de estoque do produto acabado e elencar também os critérios utilizados na programação da produção, elaboração do fluxograma para viabilizar a visão macro e descrever os critérios na tomada de decisão na produção dos itens atualmente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a aplicação das duas metodologias foi necessário a coleta e junção de diferentes dados que quando aglutinados tornavam-se informações uteis para a tomada de decisão. A descrição destes acontece em dois momentos, o primeiro onde foi realizado o mapeamento do fluxo de valor de todo o processo de fabricação, com a cronoanálise permitindo identificar todos os tempos de cada processo. Em um segundo momento foi coletado todos os dados dos clientes atendidos pela fábrica e sobre as quais foi possível identificar as distâncias em Quilometragem de todos os produtores atendidos na região e correlacionados com o tempo de sua entrega.

O método AHP requer que os critérios sejam quantitativos, ou seja, essas variáveis precisam ser em números para que as comparações realmente sejam validadas na modelagem.

Para o funcionamento do método seguiu-se as três etapas a seguir:

- Estruturação;
- Valoração;
- Priorização.

A estruturação nada mais é que a decomposição do problema em níveis hierárquicos, a representatividade destes níveis ocorre em um fluxograma que engloba o objetivo da modelagem, os critérios utilizados para análise e as alternativas existentes para critério uma estrutura hierárquica.



Figura 1 – Análise hierárquica

Para desenvolver o objetivo deste trabalho, a modelagem buscará criar a sequência ideal de itens a serem produzidos, seguindo indicadores de tempo de produção para cada item, preço de produção, distância de entrega, estoque disponível e demanda total para o cliente. Os números determinados para os indicadores estão expressos na figura 2.

INDICADORES					
INDICADORES/SISTEMAS	Y3 E-CL 1	Y3 E-CL 2	Y3 E-CL 3	Y3 -CL4	Y3 -CL5
Preço	1,08	1,08	1,08	1,01	1,01
Tempo de produção (segundos)	763	763	763	755	755
Estoque kg	1000	1000	1000	500	500
Distância	37	54	87	12	54
Demanda	5000	3000	8200	14000	11200

Figura 2 – Amostra de indicadores

Posteriormente é realizada a etapa de valorização, que auxilia na comparação par a par dos critérios estabelecidos. A valorização deve seguir uma escala de priorização, esta escala de julgamento servirá como apoio na escalação dos critérios. Este escalonamento comparando critério a critério pode ser observado na figura 3.

Importancia	Definição	Julgamento de Prioridades				
1	Importância Igual	P	5	→	0,2	TP
3	Importância fraca de uma sobre a outra	P	4	→	0,25	E
5	Importância forte	P	2	→	0,5	D
7	Importância muito forte	P	2	→	0,5	DM
9	Importância absoluta	TP	0,5	←	2	E
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	TP	0,25	←	4	D
		TP	0,25	→	4	DM
		E	0,25	←	4	D
		E	1	←	1	DM
		D	3	→	0,3333333	DM

Figura 3 – Escalonamento de critérios

Ao concluir as três etapas o método pode ser modelado julgando as prioridades conforme modelagem sugerida pelas referências alinhando as necessidades e critérios estabelecidos, sendo possível obter o resultado na tomada de decisão da escolha do item, os resultados para aquela amostragem podem ser visualizados na figura 4.

MATRIZ DE DECISÃO						
CRITÉRIOS/ALTERNATIVAS	Preço	Tempo de produção (segundos)	Estoque kg	Distância	Demanda	Resultado
PML	37,98%	5,83%	10,51%	30,19%	15,48%	
Y3 E-CL 1	19,46%	19,92%	14,29%	15,16%	12,08%	16,50%
Y3 E-CL 2	19,46%	19,92%	14,29%	22,13%	7,25%	17,86%
Y3 E-CL 3	19,46%	19,92%	14,29%	35,66%	19,81%	23,89%
Y3 -CL4	20,81%	20,13%	28,57%	4,92%	33,82%	18,80%
Y3 -CL5	20,81%	20,13%	28,57%	22,13%	27,05%	22,95%

Figura 4 – Método AHP

Para a ferramenta Plant simulation os critérios podem ser utilizados em sua forma qualitativa e quantitativa, com o apoio do fluxograma fabril, mapeamento de valor, cronoálises, podendo assim ser possível mapear em *real time* todos os processos. Inicialmente o mapeamento do fluxo de valor foi representado na ferramenta, com os tempos de cada processo e as atividades desenvolvidas nesta etapa. Além do mapeamento foram levantadas solicitações de pedido dos produtores atendidos nos meses de agosto e setembro de forma integral, após foram desenhadas as caixas armazenadoras com a sua capacidade e restrição do armazenamento, para tornar possível a simulação exata do dia a dia da Fábrica de Rações em estudo.

Em sequencia foram mapeados cada etapa de cada processo, a entrada do pedido na linha, posteriormente os equipamentos para o processamento dos itens nomeados com a sua respectiva nomenclatura, os quadrados T1, T2, T3, T4, T5 e T6, representam o equipamento transportador de uma máquina a outra. A figura 5 representa o mapeamento do layout de modo que o leitor possa conhecer o ambiente na ferramenta e entender como funciona os processamentos e sua ligação entre si.

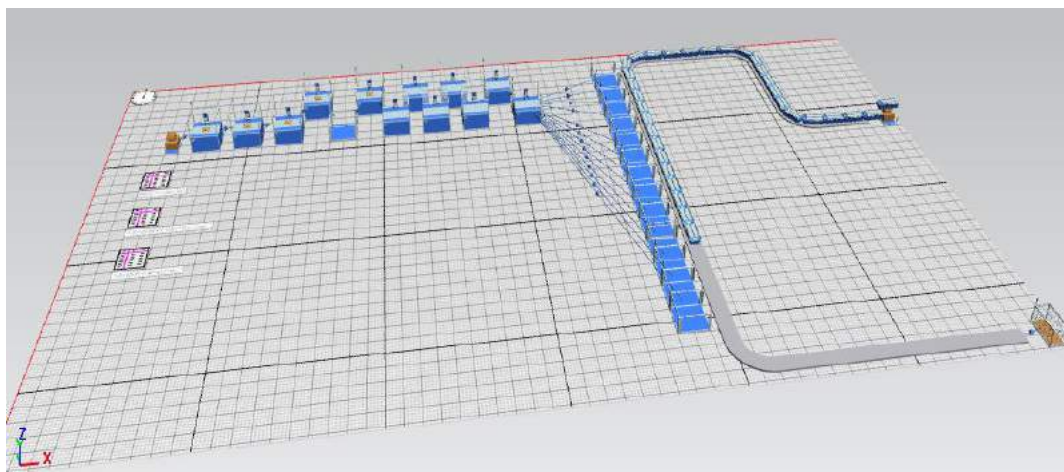


Figura 5 – Ferramenta Plant Simulation

A ferramenta foi de grande valia em sua definição de todo o raciocínio lógico do funcionamento, no entanto o tempo de modelagem para melhor atender a demanda da empresa ultrapassou o previsto, por este motivo as demais atividades passam a ser exploradas em trabalhos futuros. Em contrapartida o propósito em analisar a sua viabilidade de aplicação foi concluído com êxito, o levantamento de todas as informações e conhecer o software de um modo geral já torna possível visualizar o processo tornando capaz a observação de possíveis erros que possam estar ocorrendo nos processos.

A solução mais plausível para este problema conforme a pré visualização do simulador é ajustar o que será produzido de acordo com a chegada dos caminhões, pois é notório a necessidade da liberação das caixas para que não haja paradas na linha de produção devido à falta de estoque.

CONCLUSÕES

Este trabalho contribui para a maior compreensão acerca do tema, tanto no meio acadêmico quanto no âmbito da organização, destacando o uso da simulação de processos como ferramenta de apoio visual à tomada de decisão.

É notória a diferença nos propósitos das duas ferramentas e para qual cada uma tem seus objetivos na utilização, portanto, não tornando válida a comparação entre elas, já que as duas devem ser alinhadas e modeladas juntas, para que cada uma contribua com a sua devida função. Ou seja, a conclusão deste trabalho é utilizar a modelagem da AHP para lançamento do pedido diário e consequentemente ter a obtenção do mix de produção e sua ordem de produção, e posteriormente inserir os dados no simulador plant simulation, para visualizar e caso o resultado não seja o desejado, criar novos cenários, até que tenham os resultados esperados para minimizar os problemas.

Para sugestões de trabalhos futuros considerando o contexto, como já existem os modelos criados, basta-se alterar as variáveis para adequar as análises ao que se deseja avaliar. Ampliando a gama de possibilidades utilizando as duas ferramentas em conjunto em diversos ambientes. A sua aplicabilidade variará de acordo com o tipo de cenário e resultado desejado.

REFERÊNCIAS

PEREIRA, W. J. **Manejo de uma fábrica de ração para diversos fins da agropecuária.** Monografia. Goiânia - GO: UCG, p. 23. 2002.

PRADELA, S. FURTADO, J. C. KIPPER, L. M. **Gestão de Processos da teoria á prática:** Aplicando a metodologia de simulação para a otimização do redesenho de processos. São Paulo: Atlas, 2012.

MENEGHELLI, L. O ambiente das organizações na era da globalização. ICPG, Itajaí, 2016.
Disponível em: <<http://www.posuniasselvi.com.br/artigos/rev01-03.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2018.



PROPOSTA DE MODELO PARA IMPLANTAÇÃO DE LABORATÓRIO DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO 4.0 DE ENGENHARIA

Aluno: Taise Sychocki

Orientadora: Prof. Me Jessie Carvalho Bruhn

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma Proposta de Modelo de Laboratório de Aprendizagem, pois pensando no futuro da engenharia, acadêmicos e profissionais da área devem buscar meios para aumento da eficiência das atividades desempenhadas, podendo buscar auxílio na integração digital de dados e processos inteligentes de fabricação. Neste sentido, o Laboratório de Aprendizagem atua como meio para práticas de metodologias ativas, sendo considerado como uma ferramenta para auxiliar neste processo (ZHOU, 2013; LANZA, et al, 2015).

Com o avanço da tecnologia, técnicos não irão apertar os botões, e sim, adaptar-se a lidar com robôs e máquinas cada vez mais inteligentes, havendo a necessidade de ter um olhar analítico de todo o processo de produção, onde a máquina realizará os processos repetitivos dando apoio na geração da informação para a tomada de decisão, ocasionando um impacto direto no perfil de profissionais de todas as áreas, da administrativa até os operadores de máquinas (VENTURELLI, 2016).

Surge a necessidade da indústria colaborar com as universidades (BAYGIN et al., 2016). Utilizando as tecnologias da Indústria 4.0 como a Internet das coisas, que fará a conexão entre a máquina-máquina, homem-máquina e ao mesmo tempo será obtida uma quantidade enorme de dados e com isso, será necessário analisar grandes volumes de dados para que seja possível prever possíveis falhas e adaptar em tempo real as mudanças necessárias (LEE, 2014). Os processos de produção permitirão uma produção eficaz e ao mesmo tempo flexível, devido à demanda dos clientes que estão mudando seus produtos (NELLES, 2016).

MATERIAL E MÉTODOS

A elaboração da Proposta de Modelo de Laboratório realizou-se através da busca de referencial na literatura, buscando práticas de universidades que utilizam Laboratório de Aprendizagem como método de ensino, além de levantar os requisitos necessários para implantação destes laboratórios, com a análise da estrutura existente da universidade, sendo os resultados obtidos por meio da identificação de artefatos realizada por meio de entrevista junto ao Gestor da Incubadora Tecnológica de Erechim e Coordenadores de cinco cursos de Engenharia da URI Erechim. A rotina estabelecida durante as entrevistas pode ser apreciada na Fig. 1. Inicialmente apresenta-se brevemente ao entrevistado, o objetivo da entrevista e o conceito de um Laboratório de Aprendizagem. A segunda etapa trata da aplicação das perguntas-chave que conta, ainda, com uma conversa informal a respeito do tema do presente estudo. Como forma de fechamento é feito um agradecimento e troca de contatos entre os participantes das entrevistas.

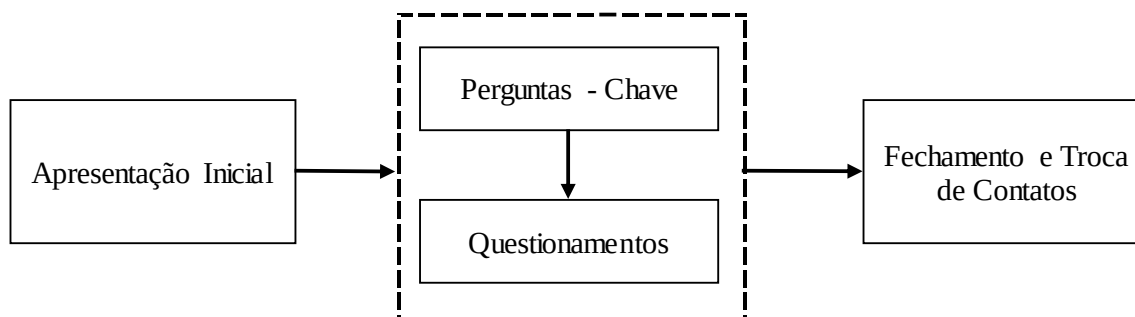


Figura 1 – Rotina das Entrevistas

Com os resultados da análise dos Laboratórios que a Universidade possui e com o embasamento da Literatura, que menciona o que os Laboratórios voltados a Indústria 4.0 devem conter em suas estruturas, realizou-se uma breve entrevista com os coordenadores das Engenharias selecionadas e com o gestor da Incubadora Tecnológica de Erechim para entender o que eles gostariam que existisse em um novo ambiente de laboratório dentro da Universidade, que fosse ofertado aos seus acadêmicos e a partir disso elabora-se a Proposta de Modelo de Laboratório de Aprendizagem voltados as práticas da Indústria 4.0 para os acadêmicos de Engenharia na URI Campus de Erechim.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a busca do embasamento teórico na literatura, onde foi possível identificar modelos de Laboratórios utilizados para práticas de ensino nas Engenharias, realizou-se a análise da estrutura dos laboratórios disponíveis na Universidade em estudo e entrevistas com o Gestor da Incubadora Tecnológica de Erechim e com os Coordenadores dos cursos de Engenharia Civil, Engenharia de Produção, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica e Engenharia Química, onde foi possível identificar quais seriam as ideias e necessidades de cada Coordenador e como deveria ser o Laboratório ideal para cada um deles.

A proposta de modelo de Laboratório de Aprendizagem é voltada a um ambiente onde pode ser utilizada para trabalhos multidisciplinares, onde os cursos possam utilizá-lo para trabalhos finais de Curso e aulas práticas de diversas disciplinas, além de interagirem em ambientes imersos as práticas da Indústria 4.0, além de promover eventos, criar e desenvolver projetos de forma prática, realizar treinamentos, desenvolver oficinas e cursos, treinar pessoas para que elas se tornem profissionais mais completos com o auxílio destas práticas desde a graduação e a validação da proposta do modelo de Laboratório de Aprendizagem realizada com o Gestor da Incubadora Tecnológica de Erechim.

As instalações serão adequadas para o desenvolvimento de atividades acadêmicas. O espaço será bem dimensionado, dotado de iluminação, climatização, mobiliário e aparelhagem específica, atendendo a todas as condições necessárias para o exercício das atividades, bem como as especificações de tamanhos de mesas e cadeiras que são orientadas pelas Normas Regulamentadoras relacionadas a ergonomia.

Para a estrutura física, propõe-se que a sala seja de no mínimo 280 m², dividida em ambientes para o desenvolvimento de atividades práticas, oficinas, realizações de trabalhos finais de curso, além de equipamentos multimídia, com acesso à internet w-fi e com capacidade entre 20 a 30 pessoas. Com espaços colaborativos, onde seja possível trabalhar entre os ambientes, com estações de trabalho compartilhadas, com ferramentas que tornam o ambiente mais atrativo para a realização de aulas práticas, com quadros e tabelas para monitoramento de gestão e produção, espaço de estudos e atividades com minicursos e oficinas além de um espaço para reuniões, com mesas e murais para anotações e apresentações de trabalhos e com ambiente para a realização de Conferências Online,

Realidade Virtual, com óculos e software disponível para que acadêmicos possam interagir com uma tecnologia revolucionária, é fundamental a existência de máquinas, robôs e equipamentos para que acadêmicos interajam com toda essa tecnologia na prática para realizações de aulas dinâmicas, onde possa ser realizada aulas com demonstrações, projetos e trabalhos que consigam incluir as ferramentas disponíveis no ambiente, com a implantação de computadores com softwares disponíveis para trabalhos, para realizar medições, projetos onde seja possível ter o acesso para a realizações de pesquisa e a utilização deles para aulas que necessitem de pesquisa, para que seja possível realizar projetos com os acadêmicos dentro do espaço de Laboratório de Aprendizagem.

O ambiente conta com um espaço dedicado a impressão 3D, equipamento que se tornou peça fundamental em ambientes altamente tecnológicos na atualidade, para que seja possível desenvolver e realizar projetos.

Na sequência, pode-se observar algumas ideias para o Laboratório de Aprendizagem, como mostra a Fig. 2.



Figura 2 – Espaços do Laboratório de Aprendizagem

Um espaço para exposição de trabalhos e projetos finalizados por acadêmicos dos cursos, que será possível exibir e apresentar os trabalhos concluídos para visitantes, professores e acadêmicos de modo que incentive outros acadêmicos a realizarem projetos que possam agregar valor em suas vidas acadêmicas. Outra ideia é que exista um local onde seja possível montar linhas de produção onde

existam esteiras, máquina de corte e a laser, com produção em pequena escala, para que os acadêmicos possam realizar simulações, testes e medições, em diversas áreas do conhecimentos das disciplinas do curso, onde pode-se simular a construção de algum produto e com isso realizar todas as medições de tempo, com possíveis paradas para trocas de peças ou simular a produção de objetos com a falta de matéria prima. Uma parte do laboratório está voltada a recepção, onde pode ser utilizado para o agendamento de horário e para a utilização de algum ambiente do laboratório, com armários para os acadêmicos guardarem seus pertences de modo que fiquem seguros, um espaço de descanso, com sofás que podem ser utilizados como um ambiente de espera. É necessário que exista um local para a armazenagem e controle do estoque de todos os utensílios utilizados, como matéria prima para as máquinas disponíveis no ambiente, materiais básicos para aulas práticas, peças de montagem, para realizar simulações e aulas práticas em um espaço de linha de produção, entre outros objetos que se tornam necessários para o andamento.

Neste Laboratório, os acadêmicos poderão utilizar cada ambiente de forma à auxiliar o aprendizado da sala de aula com aspectos práticos, conferências e palestras online, além de utilizá-lo para Trabalhos Científicos e de Final de Curso.

Relacionado a estrutura organizacional do Laboratório, o Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão, estão vinculados os cursos de Engenharias que estão sendo utilizadas para o presente trabalho e relacionados a eles, existe o corpo docente e discente que se utilizam do espaço.

Relacionado ao Departamento Técnico Laboratorial, está o Monitor Multi curso de Laboratório, uma pessoa que não precise estar diretamente no ambiente, mas que atenta as necessidades de todos os usuários no Laboratório de Aprendizagem, bem como entenda sobre os cursos ofertados pela Universidade, para que possa atuar de forma ativa e como auxílio a todos, além de organizar a utilização dos espaços, de forma que todos possam usufruir dos equipamentos e materiais de forma agradável. Relacionado ao Departamento de Apoio, se encaixa o Gestor do Campus, além dos setores de Secretaria, Biblioteca, Xerox e Manutenção, que contribuem de forma indireta para o bom funcionamento do Laboratório.

A Comunidade é o quarto fator relacionado com o Laboratório de Aprendizagem, pois devido a Universidade ser uma entidade Comunitária, Empresas, Instituições Governamentais, Associações, Cooperativas, Outras Instituições de Ensino e o Público em Geral fazem parte deste processo de formar Profissionais Capacitados para o futuro. Devido a este fato, o Laboratório de Aprendizagem, pode ser utilizado pelo público que tenha interesse de desenvolver projetos neste ambiente, onde pode ser utilizado para realizações de Cursos e Treinamentos com Professores que atuam no Ensino Médio, com Empresas que queiram desenvolver seus projetos neste ambiente, além do auxílio de professores da própria Universidade. O ambiente proporcionará a oportunidade de trabalhar em projetos e práticas de forma organizada com espaço adequado e materiais disponíveis como análises metrológicas, simulações de fabricação digital, incentivar práticas criativas, com tecnologias de fabricação digital e eletrônica, onde possa existir a troca de experiências e utilizar os equipamentos disponíveis para tornar realidade seus projetos.

No Laboratório de Aprendizagem é possível interagir com todo o processo de desenvolvimento e gerenciamento de projetos em geral, é possível trabalhar com o controle de qualidade de produtos por meio de análises dimensionais, é possível trabalhar com práticas voltadas a Desenvolvimento e Gerenciamento de Projetos, Engenharia do Produto, Gestão de Sistemas de Produção e Operações, Logística, Gestão da Qualidade – para o ensino das ferramentas da qualidade, áreas relacionadas, Controle Estatístico do Processo – para o ensino de cartas de controle e metodologias relacionadas a Controle Estatístico, Planejamento e Projeto de Experimentos Gestão de Pessoas, Gestão do Conhecimento e da Inovação, *Coaching*, enfim, são inúmeras as possibilidades das áreas de conhecimento que o Laboratório de Aprendizagem pode abranger, basta a criatividade e o processo de trabalho compartilhado ser aceito e realizado por todos os envolvidos.

Arelado aos ambientes que foram apresentados no presente trabalho e como não existe um padrão para estes tipos de ambientes, o Layout proposto baseia-se em diversos Laboratórios espalhados pelo

Brasil e pelo Mundo, que possui um espaço para a realização de projetos entre outras atividades como mostra a Fig. 3, onde é possível identificar uma visão geral de cada parte do laboratório.

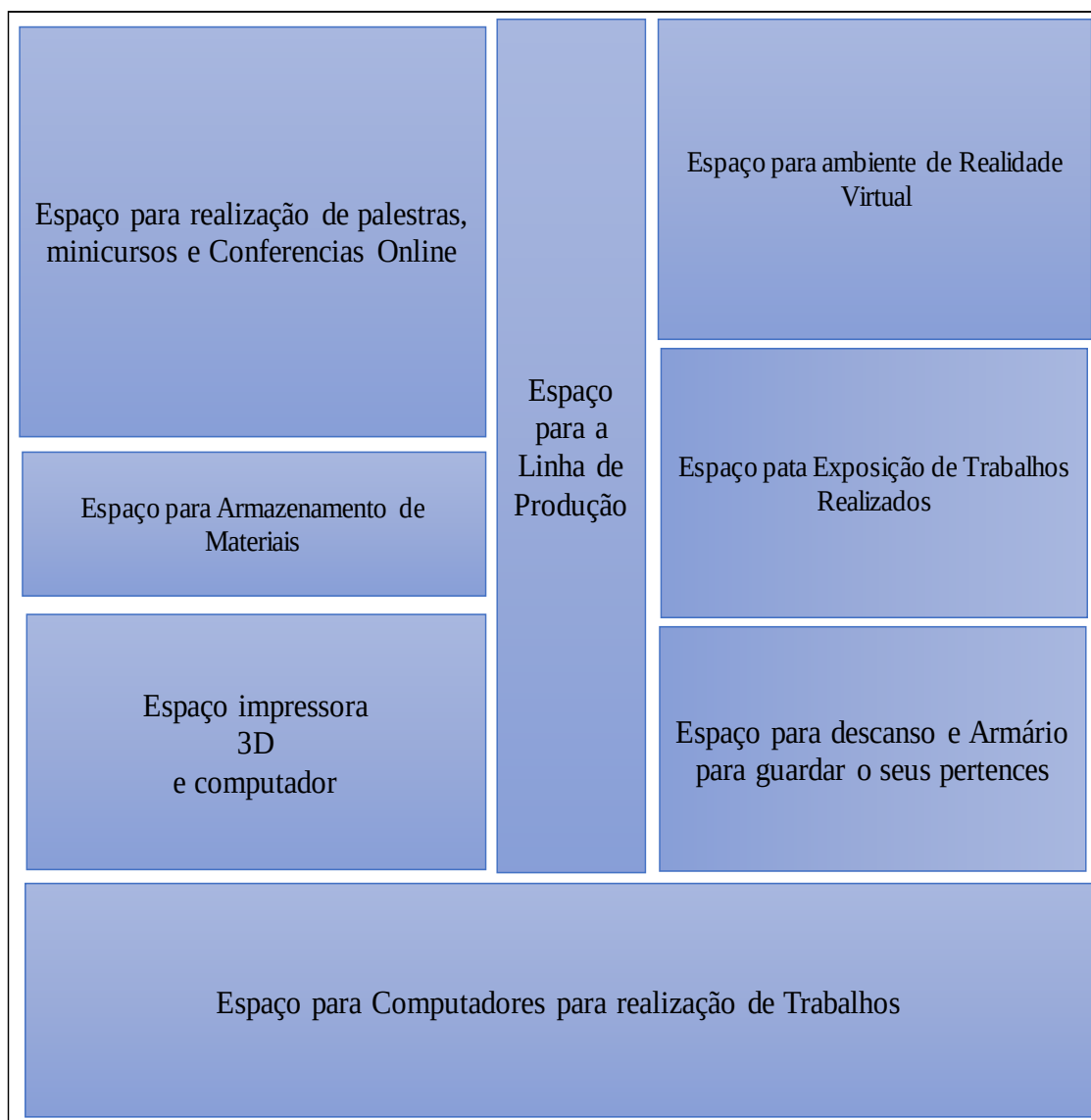


Figura 3 – Proposta de Modelo de Laboratório de Aprendizagem

Para a validação da Proposta de Modelo de Laboratório de Aprendizagem, foi realizada uma conversa com o Gestor da Incubadora Tecnológica de Erechim para que faça uma análise da Proposta de Modelo de Laboratório, além de considerações sobre o mesmo.

Durante a análise da Proposta o Gestor analisou que a proposta tem significativa valia, pois considera que vem ao encontro com os preceitos do projeto desenvolvido atualmente pela Prefeitura Municipal de Erechim. Ele comenta que um laboratório de aprendizagem precisa ter caráter multidisciplinar, visto que contemplaria vários cursos de graduação e mesmo a comunidade de modo geral, sendo uma iniciativa muito bem projetada e de grande impacto, caso seja levada adiante.

Sobre a justificativa para a sua implantação, o Gestor considera como plausível do ponto de vista didático, uma vez que oferece aulas dinâmicas, com metodologias práticas e com recursos tecnológicos, o que traria incalculáveis benefícios, pois despertaria maior interesse nos acadêmicos envolvidos, aumentando significativamente o seu desempenho nas disciplinas ministradas no laboratório de aprendizagem.

CONCLUSÕES

O presente trabalho foi elaborado com o objetivo de criar uma Proposta de Modelo de Laboratório de Aprendizagem para o ensino 4.0 de Engenharia, buscando na literatura conceitos, desafios e tendências, apresentando práticas de ensino para formação de engenheiros, identificado como o primeiro objetivo específico, a fim de gerar um maior conhecimento na metodologia e analisar a estruturas de Laboratórios de Aprendizagem como modelo no ensino da Indústria 4.0 para a formação em engenharia, buscando identificar aspectos e práticas organizacionais, identificado como o segundo objetivo específico, com base na Literatura, relacionou-se e caracterizou-se a estrutura de ensino atual da Universidade, identificado como o terceiro objetivo específico e as entrevistas realizadas com o Gestor da Incubadora Tecnológica e com os Coordenadores de cinco cursos de Engenharia, foram identificadas como o quarto objetivo específico, resultando assim no objetivo geral do trabalho que propõe um Modelo para Implantação de um Laboratório de Aprendizagem para o ensino de engenharia em Universidade do Alto Uruguai Gaúcho.

O método de trabalho mostrou-se adequado, pois possibilitou o alcance dos objetivos propostos. A partir do referencial teórico, entrevistas realizadas com o Gestor do Centro Tecnológico e com Coordenadores, buscou-se criar uma proposta de modelo de Laboratório de Aprendizagem em uma Universidade, localizada na região do Alto Uruguai Rio-Grandense.

Com a elaboração da Proposta de modelo de Laboratório de Aprendizagem, realizou-se uma nova conversa com o Gestor da Incubadora Tecnológica de Erechim, onde o mesmo analisou a proposta, fazendo suas considerações, bem como a validação do ambiente. Pode-se analisar que com a implantação de um Laboratório voltado as práticas da Indústria 4.0 na Universidade, os acadêmicos, os professores e coordenadores de curso e a comunidade em geral só tem a ganhar, pois este ambiente trará uma visão ainda mais tecnológica para a Universidade, fazendo com que a graduação se torne mais dinâmica e imersa as metodologias ativas para que acadêmicos possam ter a oportunidade de presenciar práticas da Indústria 4.0 e estarem mais preparados para ingressarem na Indústria.

REFERÊNCIAS

- BAYGIN M., YETIS H., KARAKOSE M., AKIN E; **Effect Analysis of Industry 4.0 to Higher Education**. 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET) 2016.
- LANZA, G.; HAEFNER, B.; KRAEMER, A.; **“Optimization of selective assembly and adaptive manufacturing by means of cyberphysical system based matching,”** CIRP Annals – Manufacturing Technology, vol. 64 p. 399–402, 2015.
- LEE J., KAO H., YANG S. **Service innovation and smart analytics for Industry 4.0. and big data environment**. Procedia CIRP 2014.
- NELLES J, KUZ S, MERTENS A., SCHLICK C.M. **Human-centered design of assistance systems for production planning and control**. IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 2016.
- ZHOU, Z.; **“Digitalization and intelligentization of manufacturing industry,”** Adv. Manuf., vol. 1, pp. 1–7, 2013.

AVISO DE RESPONSABILIDADE

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



UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO
ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM



VII MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E
TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS

ENGENHARIA ELÉTRICA

28 de novembro de 2018



Área/Linha de Pesquisa: Sistemas de Energia

Área do Conhecimento ou Área Temática: Distribuição de Energia

ANÁLISE DE CIRCUITOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA DE BAIXA TENSÃO**Aluno: Álvaro Bampi****Orientador: Sérgio Bordignon****INTRODUÇÃO**

Este trabalho apresenta a importância da modernização das redes de distribuição de baixa tensão e com base nesta melhoria avalia-se as perdas técnicas, circuitos carregados, transformadores em desequilíbrio de fases, fora do centro de carga e com problemas de níveis de tensão. A modernização de Redes de Distribuição (PMD) foi criada com o objetivo de redução de duração e frequência de interrupção por unidade consumidora (DEC e FEC), redução de quantidade de eventos (interrupções de energia) nos circuitos e modernização das redes de distribuição, melhorando circuitos de Média Tensão (MT) e Baixa Tensão (BT). Neste trabalho foram utilizados três estudos de BT com alto índice de DEC e FEC e eventos, com a escolha dos estudos foram feitas as análises de melhorias para os circuitos fazendo o comparativo das perdas técnicas entre o circuito existente e os propostos, seguindo os cálculos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

MATERIAL E MÉTODOS

As escolhas dos estudos e as simulações foram realizadas em uma concessionária do estado do Rio Grande do Sul, os estudos escolhidos foram com base nos eventos, onde a concessionária utiliza um banco de dados com os eventos ocorridos nos últimos anos, assim definindo os circuitos de BT que necessitam melhorias.

Foram utilizados os *softwares* GISD, onde são obtidos os valores de consumo de energia, níveis de tensão, carregamento do transformador (TR), quantidade de consumidores, comprimento dos circuitos e através dele são feitos os projetos de melhoria dos circuitos de (BT), e Google Earth para visualização do circuito no local existente.

Para verificar a situação dos circuitos foram utilizados métodos de sobrecarga, níveis de tensão, TR fora do centro de carga, balanceamento de fases e perdas técnicas, com base nas informações obtidas pelos tipos de eventos conforme Fig. 1 e posteriormente a verificação da situação do TR e rede de BT no *software* GISD.

Eventos Totais			Eventos Secundária			Eventos Secundária Sobrecarga			Eventos Secundária Condutor			Eventos Secundária Vegetal		
2017	2016	2015	2017	2016	2015	2017	2016	2015	2017	2016	2015	2017	2016	2015

Figura 1 – Tipologia dos eventos encontrados em circuitos de BT pela concessionária.

1º método - Um circuito em sobrecarga tem grande possibilidade de curtos circuitos na rede de BT, devido as altas correntes provenientes de sobrecargas que percorrem o condutor, segundo as técnicas apresentadas em Filomena, 2008.

Para verificar um TR em sobrecarga inicialmente verificou-se as informações dos eventos e posteriormente foi analisado o TR existente no software GISD se o consumo do mesmo for superior que sua carga nominal mostra que o TR encontra-se em sobrecarga a Fig. 1 mostra um circuito com TR de 75kVA trabalhando com uma sobrecarga de 273,48% com um total de 157,58kVA.

Dispositivo	Pior Tensão FN(V)	Pior Queda Tensão(%)	Pior Corrente(A)	Pior Carregamento(%)	kVA Total(kVA)
Posto Transformador (757-9) ABC (ID: 1.301-0.709)	206.317 V	5.960 %	311.636 A	273.483 %	157.58 kVA
Vão Secundário ABC 3A02(A04)	201.964 V	7.944 %	157.514 A	104.314 %	0.00 kVA
Vão Secundário ABC 3A02(A04)	197.413 V	10.019 %	149.524 A	99.023 %	0.00 kVA

Figura 1 – TR de 75kVA com sobrecarga.

2º método – Segundo Filomena, um TR com problema de nível de tensão é encontrado quando o mesmo sofre variação de tensão, em que a queda tende a se agravar à medida que o consumidor se distancia do barramento do TR.

Para análise de um circuito de BT com problemas de níveis de tensão foram verificados os limites de tensão entregues ao consumidor estipulados pela ANEEL conforme Fig. 2. Sabendo destes limites foram verificados no software GISD os níveis de tensão entregues ao consumidor se os mesmos ficarem abaixo do valor estimado é necessário ser feito melhorias na rede de BT.

Tensão Nominal (V)	Limites adequados de variação da tensão	
	Mínimo (V)	Máximo (V)
220/127	202/117	231/133
380/220	350/202	399/231
230/115	212/106	242/121

Figura 2 – Limites de variação de tensão secundária.

3º método - TR fora do centro de carga implica diretamente em queda de tensão nos finais dos circuitos de BT em que um lado pode estar equilibrado e em outro com problemas de níveis de tensão. A Fig. 4, mostra a situação de um TR fora do centro de carga em que em um lado do TR tem-se 15,02 A (amperes) e para outro 107,67 A.

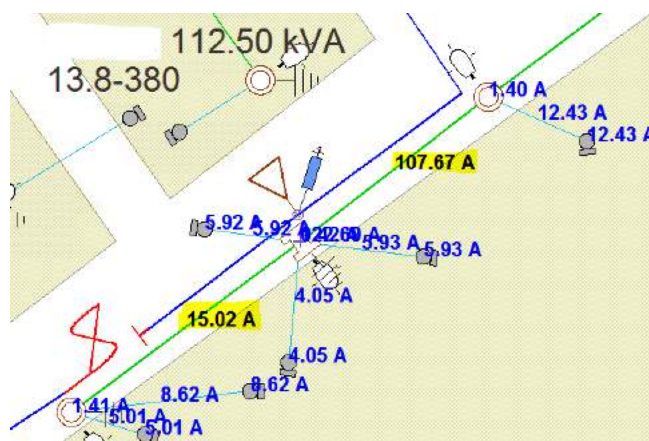


Figura 4 – TR fora do centro de carga.

4º método - O desbalanceamento de fases impacta diretamente em sua corrente nominal e pode sobrecarregar uma fase, assim danificando o equipamento. Através dos valores das correntes A, B e C é possível verificar se o circuito encontra-se com desbalanceamento de fases conforme mostra a Fig. 3, em que mostra uma diferença de quase 50% entre as fases A, B e C.

Dispositivo	Pior Corrente (A) Fase A	Pior Corrente (A) Fase B	Pior Corrente (A) Fase C	Pior Corrente (A) Total
Posto Transformador ABC	122,687	113,47	59,051	122,687

Figura 3 – Desbalanceamento de fases de um circuito de BT.

5º método - Os problemas de perdas de energia são existentes em toda rede de distribuição e causa prejuízos significativos para as concessionárias em que este valor é perdido tendo-se que gerar mais energia para atender o consumidor final, através do PMD que é a substituição do condutor convencional para isolado, pode-se reduzir estas perdas. Foram utilizadas as equações do módulo 7 do Procedimento de Distribuição (PRODIST) e através destes cálculos foram encontrados os valores de perdas técnicas do medidor, ramal de ligação e condutor do circuito existente e proposto. Para os três estudos foram analisados todos os conceitos citados acima, afim de verificar o real problema dos circuitos e aplicar a melhor solução.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A escolha do primeiro estudo mostra um exemplo comum encontrado em áreas rurais, em que o problema deste circuito de distribuição de BT não é sobrecarga e sim o alto índice de queda de tensão no condutor devido a distância em que se encontra o consumidor do TR.

Para estes casos a concessionária adotou o conceito de instalar um TR próximo ao consumidor, assim atendendo as exigências do método 2, levando energia de qualidade para o cliente.

O circuito possui 8 consumidores monofásicos em uma rede com extensão de 1,5km. Os níveis de tensão existentes para atendimento ao cliente estão abaixo dos limites informados na Fig. 1.

A Fig. 5 mostra os eventos encontrados nos últimos 3 anos, também os motivos dos mesmos. Os eventos comprovam que a maior incidência neste circuito é o problema na rede de BT, em que pode-se ressaltar o problema de vegetação e condutor como os principais fatores de interrupção de energia.

Eventos Totais			Eventos Secundária			Eventos Secundária Sobrecarga			Eventos Secundária Condutor			Eventos Secundária Vegetal		
2017	2016	2015	2017	2016	2015	2017	2016	2015	2017	2016	2015	2017	2016	2015
5	9	4	5	9	4	0	0	0	2	5	2	3	4	2

Figura 5 – Eventos ocorridos nos últimos 3 anos estudo 1.

Pode-se analisar também que existe uma grande área de vegetação, o que leva ao risco de rompimento dos condutores ou curto circuito no transformador. Esses eventos podem causar danos materiais para o consumidor final e para a concessionária. Nesta análise foi levado em consideração a extensão da rede de baixa tensão e a vegetação que pode ocasionar desligamentos involuntários. A Fig. 6 demonstra como ficaria a rede com a melhoria, retirando a rede de BT e estendendo a rede de media tensão (MT) até o consumidor final e instalando um TR próximo as residências dos consumidores, reduzindo os níveis de tensão e riscos de desligamento por vegetação.



Figura 6 – Estudo 1 proposto no software Google Earth

Após foi utilizado o método 5 para as análises de perdas do circuito existente e proposto. A Fig. 7 mostra os valores obtidos do circuito existente e proposto. Em que: FP – fator de potência estipulado pela ANEEL; CP – coeficiente de perdas estipulado pela ANEEL; ΔT – período em horas que foi obtido os valores do circuito; ΔER – perdas no medidor de energia [kWh]; ΔEBT – perdas no condutor de BT[kWh]; $\Delta ETot$ – perdas totais do circuito [kWh].

Região	FP	CP	ΔT (h)	ΔER (kWh)	ΔEBT (kWh)	$\Delta ETot$ (kWh)
Existente	0,92	1,52	730	11,88	86,781	98,66138
Proposta	0,92	1,52	730	4,1492	0	33,19329

Figura 7 – Perdas de energia do estudo 1 existente e proposto.

Pôde-se verificar que com a instalação de novos TRs para os consumidores teve uma redução significativa nas perdas de energia. Com a retirada dos condutores de BT reduziu as perdas de energia, eventos de interrupção por condutor e vegetação e melhora nos níveis de tensão, assim entregando energia com maior qualidade.

Para o segundo estudo foi analisado um circuito em área urbana em que possui 198 consumidores sendo 150 monofásicos, 38 bifásicos e 10 trifásicos ao longo de aproximadamente 2km de rede de BT. Com os métodos adotados verificou-se que o circuito está em sobrecarga conforme os eventos mostrados na Fig. 8. O mesmo encontra-se com problemas de níveis de tensão devido a extensão do circuito.

Eventos Totais			Eventos Secundária			Eventos Secundária Sobrecarga			Eventos Secundária Condutor			Eventos Secundária Vegetal		
2017	2016	2015	2017	2016	2015	2017	2016	2015	2017	2016	2015	2017	2016	2015
10	8	11	10	8	11	3	3	2	4	2	4	3	3	5

Figura 8 – Eventos ocorridos nos últimos 3 anos estudo 2.

Para melhoria do circuito optou-se pela divisão do circuito acrescentando um novo TR, assim dividindo as cargas e melhorando os níveis de tensão. Foram recondutorados os cabos de BT de convencional (nu) para isolados (multiplexados), devido sua corrente nominal ser acima do que o condutor existente suporta. Assim o circuito de BT ficou conforme a Fig. 9.

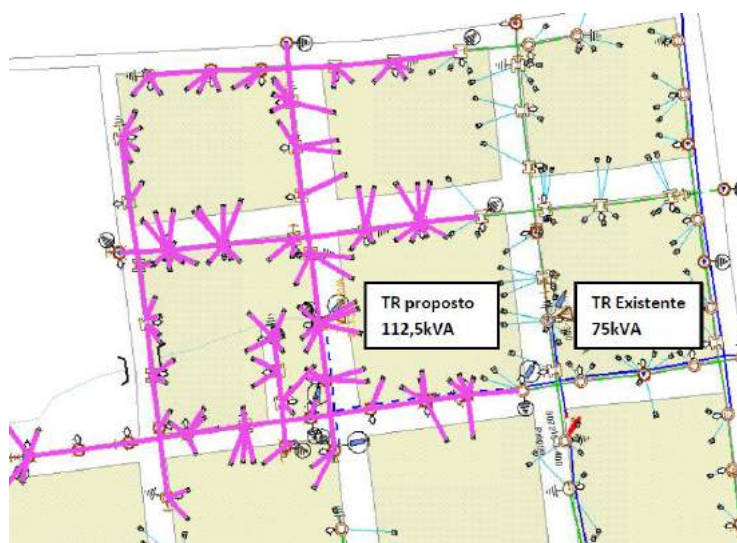


Figura 9 – Estudo 2 com divisão do circuito, proposta efetuada no software GISD.

Foram feitos os cálculos de perdas técnicas do método 5, comparando as perdas no circuito existente e no circuito proposto, pode-se perceber uma redução de aproximadamente 50% conforme mostra a Fig. 10.

Região	FP	CP	ΔT (h)	ΔER (kWh)	ΔEBT (kWh)	ΔET_{Total} (kWh)
Existente	0,92	1,52	730	140,4	244,472	384,848
Proposta	0,92	1,52	730	140,4	71,0659	211,442

Figura 10 – Perdas de energia do estudo 2 existente e proposto.

O terceiro estudo analisou-se um circuito também em área urbana onde TR encontra-se fora do centro de carga conforme a Fig.4 e com desbalanceamento de fases Fig. 3 mostra a situação em que se encontra as correntes existentes no circuito. O circuito possui 67 consumidores e um dos motivos de desbalanceamento de fases são suas derivações serem bifásicas e monofásicas, fazendo com que a fase C fique com menos carga.

A Fig. 11 mostra os eventos ocorridos neste terceiro estudo, pôde-se analisar que pela quantidade de eventos no condutor secundário o mesmo encontra-se com problemas de emendas devido ao seu tempo de uso, e também foi possível perceber que há vários eventos com vegetação.

Eventos Totais			Eventos Secundária			Eventos Secundária Sobrecarga			Eventos Secundária Condutor			Eventos Secundária Vegetal		
2017	2016	2015	2017	2016	2015	2017	2016	2015	2017	2016	2015	2017	2016	2015
16	6	13	16	6	13	2	0	1	8	5	7	6	1	5

Figura 11 – Eventos ocorridos nos últimos 3 anos estudo 3.

Com a correção de balanceamento das fases e deslocando o TR para o centro de carga Fig. 12 pode-se melhorar o circuito equilibrando as correntes que estão saindo dos bornes do TR de um lado saindo 42,89 A e de outro 56,41 A, porém o mesmo possui problemas no condutor e em suas derivações a rede é bifásica e monofásica dificultando o equilíbrio entre as fases, portanto para o circuito estar operando da melhor maneira possível fez-se necessário à utilização do PMD substituindo o condutor convencional para isolado esta melhoria juntamente com o balanceamento de fases e TR no centro de carga resolveu os problemas do circuito.

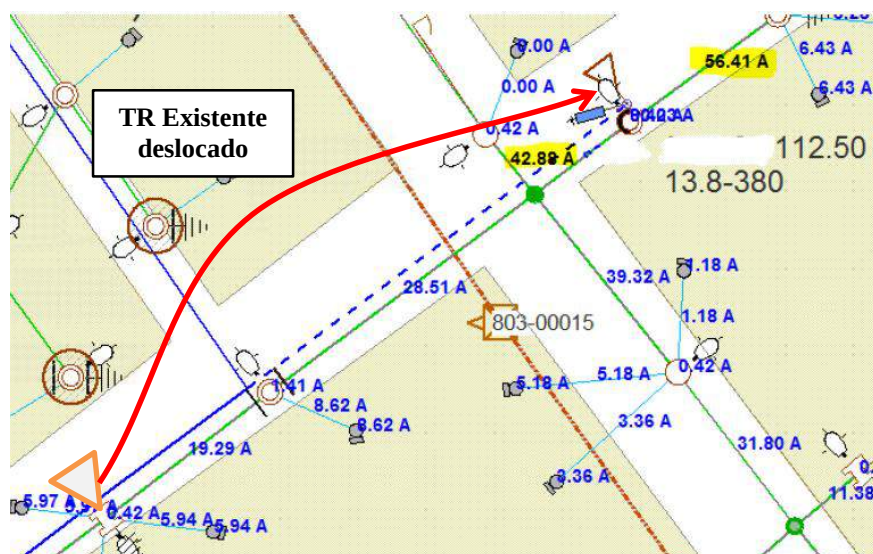


Figura 12 – TR deslocado para o centro de carga do estudo 3.

Após foram feitos os cálculos das perdas técnicas comparando o circuito existente com o proposto Fig. 13, e pode-se analisar que como no estudo 2 o estudo 3 também reduz consideravelmente as perdas técnicas, mostrando a importância do PMD em redes de distribuição de BT.

Regiao	FP	CP	ΔT (h)	ΔER (kWh)	ΔEBT (kWh)	ΔE_{Total} (kWh)
Existente	0,92	1,52	730	36,0284	111,31	147,338
Proposta	0,92	1,52	730	36,0284	49,58	85,6088

Figura 13 – Perdas de energia do estudo 3 existente e proposto.

CONCLUSÕES

Este trabalho propôs uma análise de quanto uma interrupção de energia elétrica pode afetar a segurança, meio ambiente, perda de equipamentos sobrecarregados, queima de equipamentos do consumidor final, entre outros fatores que prejudicam o sistema de distribuição.

Pôde-se analisar que os valores obtidos dos circuitos existentes na rede de BT estavam com graves problemas de sobrecarga, níveis de tensão, desbalanceamento de fases e vários eventos com problemas de vegetação próximo a rede. E com a aplicação do PMD nos estudos propostos houve uma melhora expressiva em comparação com o circuito existente.

O PMD aplicado para os estudos não visou somente à substituição do condutor convencional nu para multiplexado isolado em áreas urbanas, e o acréscimo de um TR para o consumidor final em áreas rurais. O mesmo buscou uma melhoria em todo o circuito de BT como: em níveis de tensão, TR em equilíbrio, balanceamento de fases, TR em centro de carga e perdas técnicas. Atendendo os objetivos levantados no início deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **PRODIST Módulo 7 – Cálculo de Perdas na Distribuição**. 2018

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **PRODIST Módulo 7 – Cálculo de Perdas na Distribuição**. 2013

FILOMENA, Maria. **Gestão da manutenção de transformadores de distribuição visando à qualidade no fornecimento de energia elétrica**. Belém, 2008. 121 f. Monografia de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará.

**Linha de Pesquisa: Qualidade de Energia****Área Temática: Estudo de eficiência Energética****ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA PLANTA INDÚSTRIAL
DO TIPO MADEIREIRA****Aluno: Anderson Rabsch****Orientador: Sérgio Bordignon****INTRODUÇÃO**

Vivemos em uma sociedade que alavancada pelo aumento populacional e levando em consideração a história da humanidade presencia-se um aumento de inovações tecnológicas, essas que por sua vez tem uma enorme dependência do consumo de energia elétrica. Com essa mudança obriga-se a fazer inovações e procurar novas formas para atender melhor a essa demanda. Presencia-se também uma era de geração com fontes renováveis e com isso deixando um pouco de lado a geração por fontes não renováveis, entre elas o petróleo, o carvão e até mesmo fontes nucleares.

Baseando-se nisso, fica claro que a área industrial é ainda um setor com amplo campo para o desenvolvimento de técnicas que visem o melhor aproveitamento de energias. Uma melhor utilização da energia na indústria influencia diretamente na competitividade da empresa a partir do momento em que os custos de produção e pode melhorar o ambiente de trabalho acarretando em maior produtividade. Além disso, podem-se citar outros benefícios provenientes dessa melhor utilização de energia como a redução de impactos ambientais vindos de instalações de novas usinas geradoras.

MATERIAL E MÉTODOS

A indústria selecionada para este estudo além de possuir o setor de serra, possui também um setor de aproveitamento de sobras, cujo intuito é picar costaneiras e pedaços quaisquer que não possuem valor de mercado transformando-os em cavacos que posteriormente são vendidos a outras empresas que são propulsionadas através da energia gerada através do calor da queima dos mesmos. Possui também um setor de beneficiamento fino responsável por transformar os subprodutos que saem da serra em produtos finais que são utilizados principalmente da área de acabamento de obras na construção civil, como assoalhos, espelhos, cantoneiras, forro entre outras. Esse setor também gera descartes que são o pó e maravalha que como o cavaco também é vendido para indústrias dos mais variados setores.

A utilização de cada máquina é totalmente voltada para o setor em que a mesma esta localizada, acarretando em funcionamento constante no setor de serra e funcionamento intermitente na área de beneficiamento de acordo com a necessidade de atender aos pedidos dos clientes.

A planta industrial possui motores de variadas potências, e para se levar em consideração ao estudo foram avaliados as máquinas de maior potência. Desta forma tirou-se amostras do percentual de tempo onde os equipamentos que possuem motores com potencias acima de 10 CV são utilizados realizando trabalho útil á fábrica, mostrado no quadro 1. As amostras foram feitas utilizando-se de 10 períodos de tempo de 10 minutos cada, e durante os períodos cronometrava-se separadamente o tempo em que cada máquina realizava trabalho útil.

Equipamento	Potência Total (CV)	Porcentagem de tempo em uso real
Serra	35	20%
Picador	60	15%
Corta Barrote	13	7,5%
Corta Prancha	20	5%
Bomba Serra	15	50%

Quadro 1: Percentual de uso de equipamentos com motores de potência acima de 10 CV

Com a análise do quadro 1 percebe-se a importância de avaliar individualmente o consumo dos equipamentos por ele apresentados devido ao fato de apresentarem grande potência instalada e de pouca utilização efetiva.

O analisador de utilizado em campo para aferir medições de qualidade de energia elétrica com intuito de gerar relatórios e demonstrar se o fornecimento está adequado as normas vigentes. O equipamento da marca RMS modelo MARH-VI representado por fig.1.



Figura1: Analisador de energia MARH-VI.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a definição dos equipamentos a serem analisados iniciou-se as leituras gerais e individuais da indústria. Começando com o nível de tensão geral conforme fig.2

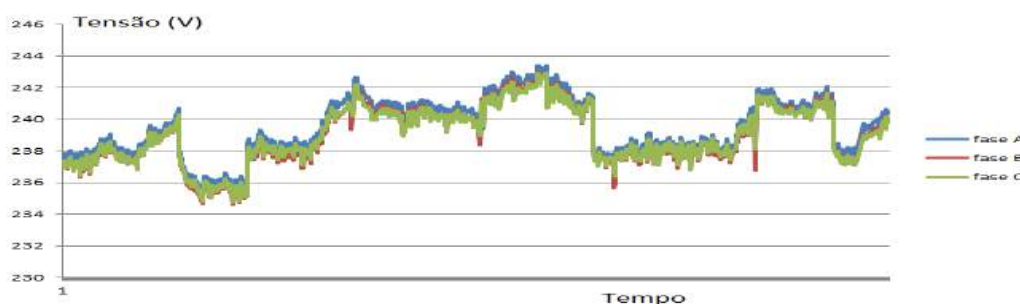


Figura 2 – Nível de Tensão da indústria

Ao se aferir análise ao fator de potência percebeu-se que o mesmo também estava muito abaixo dos valores normativamente ideais, conforme Fig. 3.

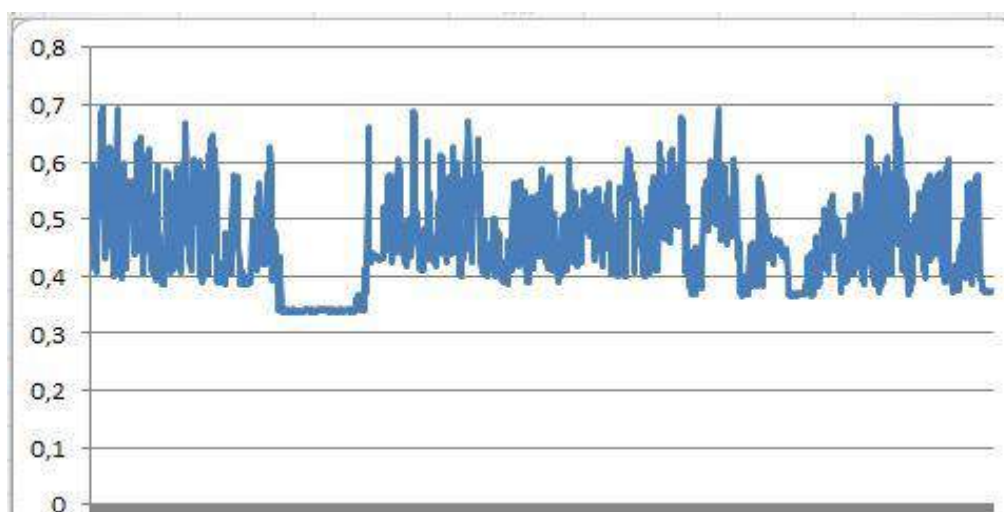


Figura 3 – Fator de potência total

Também foi verificada a taxa de distorções harmônicas e obteve-se números muito elevados conforme Fig. 4. Com isso percebe-se a grande necessidade de se fazer alterações em todo o processo a fim de modificar diversos fatores além de um projeto elétrico novo com finalidade de proteção dos equipamentos e segurança dos trabalhadores.

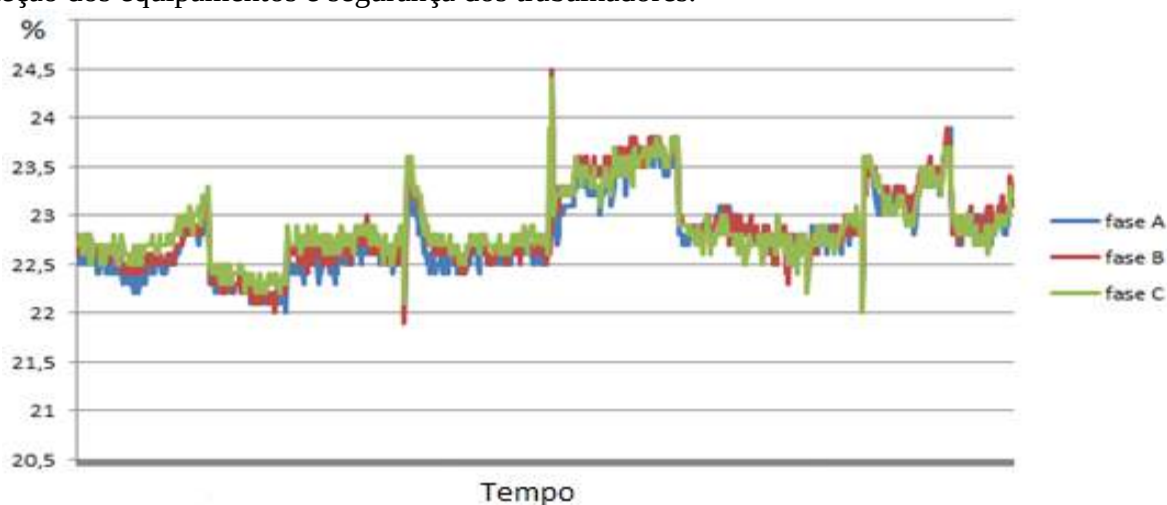


Figura 4 –Distorção de harmônicas

Para a correção do nível de tensão entrou-se em contato com a concessionária de energia que atende no local a fim de fazer regulagem do tap do transformador e com isso corrigir a sobre tensão empregada no local. O fator de potência será corrigido com um regulador automático de fator de potência de doze canais conectado em paralelo com a alimentação do quadro geral. Este equipamento faz a leitura de fator de potência e atua habilitando um conjunto de capacitores dos doze que estão conectados. Já a distorção harmônica deveser corrigida com a instalação de um filtro ativo paralelo que introduz correntes equivalentes ao sistema a fim de compensar aquelas que causam distorções. A melhoria no processo produtivo também é muito importante para a melhoria do consumo energético evitando que grandes motores fiquem ligados sem serem utilizados, assim como instalações elétricas novas com condutores e proteção adequados melhorando o nível de

confiabilidade elétrica da empresa. Instalações essas que devem ser feitas de acordo com um projeto elétrico feito dentro das normas vigentes onde inclui-se também um orçamento a fim de prever possíveis gastos de execução e assim ter uma previsão de tempo de retorno.

CONCLUSÕES

O projeto na indústria 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. Os dados de tensão, corrente e potência de cada equipamento foram importantes para direcionar os pontos com maior potencial de melhoria no uso da energia e com esses apontamentos aferir cálculos que visavam o melhoramento de qualidade de energia bem como eficiência energética da empresa. Com todos os cálculos, leituras, propostas e alterações feitas conclui-se que este trabalho atendeu aos objetivos propostos, e com isso fica evidente a necessidade de se fazer as alterações propostas sendo que essas tornariam validas na pratica todo o conteúdo deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AFONSO, J.L; AREDES, M; MARTINS,J.S; WATANABE, H.L. **filtro ativo paralelo com controle digital de baixo custo**. Porto Alegre,2001.

CANEPPELE, F. D. L.; SERAPHIM, O. J. **Análise Da Eficiência Energetica Em Industrias Madeireiras Através Da Lógica Fuzzy**. Energia na Agricultura, 2013.

CAUBET, C. G. **As Grandes Manobras de Itaipu**, 1. Ed. São Paulo: Editora Acadêmica, 1991.

DECKMAN, S. M. POMILIO, J.A. **Avaliação de Qualidade de Energia Elétrica**. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de Campinas – UNICAMPI, 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário estatístico de energia elétrica 2017 ano base 2016. (AEEE 2017)**. Brasília, 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco energético Nacional. (BEN 2017)**.Rio de Janeiro, 2017.



Área/Linha de Pesquisa: Iluminação, Motores e Aquecimento
Área do Conhecimento ou Área Temática: Eficiência Energética



**ANALISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EQUIPAMENTOS RESPONSÁVEIS PELA
ILUMINAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO VERTEDOURO DA USINA HIDRELÉTRICA
PASSO FUNDO**

Aluno: Carlos André Segatto
Orientador: Prof. Esp. Ricardo Arpini Souza

INTRODUÇÃO

A alta demanda de energia elétrica vem aumentando no país, aliado à falta de investimentos no setor de geração, transmissão e distribuição. Em 2018 o Brasil é o sétimo maior consumidor de energia do mundo.

Buscar soluções para este problema, envolve grandes investimentos em construções de novas usinas, que no momento atual de crise, se mostra uma possibilidade improvável, ou implementar campanhas que combatam o desperdício de energia promovendo o aumento da eficiência no uso da energia elétrica.

O conceito de eficiência energética é a minimização de perdas na conversão de energia primária em energia útil. Toda forma de energia pode ocasionar perdas, seja térmica, mecânica ou elétrica. Desde 2016, o País vem registrando, anualmente, um aumento gradual do consumo de energia e a previsão é só aumentar a cada ano. Em 2002 as perdas de energia atingiram algo em torno de 10% da energia gerada (SOLA; KOVALESKI, 2004).

Quando aplicado à questão energética, o termo eficiência está associado à análise do consumo de energia elétrica, com objetivo da redução de custo e maior economia da mesma, aliada a novas tecnologias, materiais e equipamentos e o uso dos recursos naturais com alternativas ecológicas, sem perda de conforto e qualidade do ambiente que se analisa (REKIOUA, 2018).

De acordo com Kang e Lee, (2016) as principais causas que impactam a eficiência energética em indústrias são:

- Uso de equipamentos obsoletos;
- Utilização de parâmetros inadequados no equipamento;
- Baixa inserção de boas práticas para minimizar o desperdício de energia;
- Perdas de produtos durante a fabricação.

Os equipamentos são fatores determinantes que impactam na eficiência energética, a utilização de equipamentos adequados, bem como a forma correta de utilização e manutenção são determinantes para alcançar fatores de economia energética e uma eficiência que seja significativa.

O objetivo deste trabalho, foi estudar o desempenho dos equipamentos instalados na área denominada Vertedouro da Usina Hidrelétrica Passo Fundo, e propor melhorias que possibilitem aumentar a eficiência energética e diminuir o valor mensal da conta de energia.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho constituiu em uma pesquisa bibliográfica exploratória dos assuntos essenciais para seu desenvolvimento, através de artigos, outros trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e livros, apresentando conceitos de eficiência.

A segunda etapa do projeto, foi efetuar um estudo com analisador de energia, luxímetro e alicate amperímetro, identificando os pontos importantes de melhoria para se projetar um sistema de melhor eficiência.

A última etapa teve como objetivo realizar análises técnicas comparando o sistema instalado atualmente com o sistema a ser proposto.

A coleta de dados foi realizada no período de setembro a outubro de 2018, e a análise dos dados obtidos foi desenvolvida de outubro a novembro do mesmo ano. O local objeto deste estudo é o Vertedouro da Usina Hidrelétrica Passo Fundo, localizada no município de Entre Rios do Sul, na zona norte do Estado do Rio Grande do Sul.

Para realização deste trabalho, foi utilizado o analisador de energia da fabricante EMBRASUL, modelo RE6000, de propriedade do laboratório de eletrotécnica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Campus de Erechim, o instrumento tem a capacidade de adquirir medições simultâneas de quatro canais de corrente e quatro canais de tensão, registrando conforme sua configuração, tensões, correntes, potência (ativa, reativa e aparente), fator de potência, frequência, distorções harmônicas e transientes.

Para verificar os valores atuais de iluminância da barragem da usina, foi utilizado o luxímetro digital de Fabricação da empresa ICEL Manaus, modelo LD-590 pertencentes a empresa objeto deste estudo.

Para ser possível verificar a corrente de alguns equipamentos que não estavam devidamente documentados e ou não se tinha acesso aos dados de placa, foi utilizado o alicate amperímetro CL255 da Fabricante YOKOGAWA que é de propriedade da empresa responsável pela operação e manutenção do local.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro passo, foi entender como as cargas estavam distribuídas, então com base no diagrama elétrico do quadro de distribuição de corrente alternada, foram levantados dados do sistema e como pode ser visto na Figura 1, as maiores demandas de corrente estão caracterizadas entre as 18:00 e 06:00hs, deixando evidente a influência do sistema de iluminação na fatura de energia.

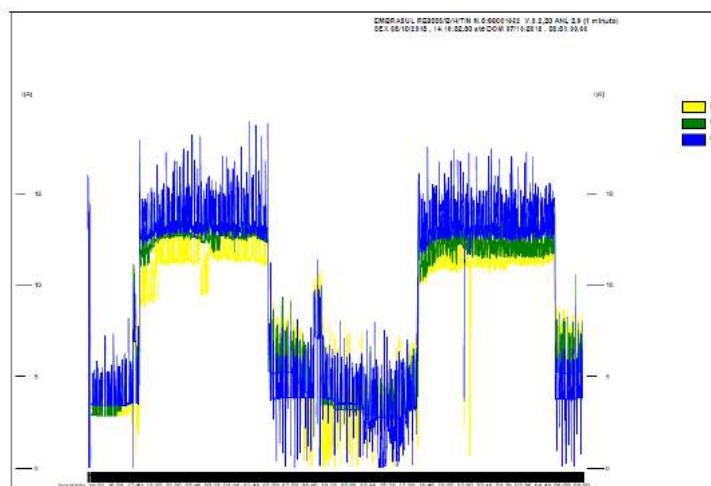


Figura 1 – Medição de correntes no circuito geral

Após estudo prévio, a distribuição de cargas ficou definida conforme pode ser verificado na figura 2.

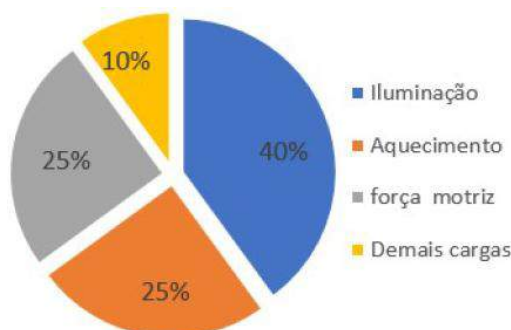


Figura 2 – Distribuição de Cargas

Iluminação

Com a utilização do analisador de energia, foi monitorando o circuito de iluminação da rodovia por 4 dias, sendo possível verificar que em média a iluminação é ligada automaticamente próximo às 19:00hs, permanecendo neste estado até às 6:00hs da manhã, o que totaliza em média 11 horas de iluminação por dia nesta época do ano, outro dado levantado foi o de corrente consumida por este sistema, o qual pode ser validado com os dados de consumo da lâmpada e reator integrado o que levou a um cálculo aproximadamente 56 kWh por dia, levando a conclusão que o sistema é responsável por 40% do consumo mensal da fatura de energia elétrica, agora se levarmos em consideração as lâmpadas queimadas a carga instalada aumentaria 20 kWh por dia o que representaria aproximadamente 47% do valor da fatura.

A proposta para melhorar a eficiência energética do local, diminuindo o consumo e melhorando a iluminação e reprodução de cores, é substituir as lâmpadas atuais de 150 Watts por luminárias de LED 80 Watts, as lâmpadas de 250 Watts por refletores LED 100 Watts e as lâmpadas de 400 Watts por refletores de 150 Watts.

Esta substituição, reflete em uma economia de aproximadamente R\$1.000,00/mês, na fatura de energia. Considerando o valor de mercado atual das luminárias e refletores LED, o gasto com material estimado é de R\$ 30.000,00. Como explanado anteriormente, o sistema necessita de uma revisão geral, o valor de material gasto entre lâmpadas e reatores seria de aproximadamente R\$ 6.000,00, considerando que o valor de mão de obra para substituição das luminárias e troca de lâmpadas é equivalente, o investimento tem um tempo de retorno de aproximadamente 24 meses, sem considerar o valor de pelo menos mais uma troca obrigatória das lâmpadas Vapor de Sódio de Alta Pressão, devido ao tempo de vida útil diferente das tecnologias (50.000 horas LED X 20.000h Vapor de Sódio), o que torna um bom investimento pois estamos falando em mais de 12 anos para ser necessário nova reposição.

Motores de Acionamento das comportas

Os motores de acionamento das comportas são os mesmos desde a entrada em operação da usina o que data 45 anos em operação, porém devido a boa manutenção, estar abrigado e o pouco uso dos mesmos, eles ainda apresentam bom estado de conservação e confiabilidade para operar o sistema, uma vez que não apresentam histórico de falhas significativas durante todo o período em que estão em operação e que podem ser validados pelos testes de resistência de isolamento realizado pela manutenção a cada 2 anos.

Analisando o circuito, pode-se observar que houve uma alteração de projeto efetuado pela manutenção, que consistiu na instalação de um transformador rebaixador, trifásico de 200VA,

380/38V, que alimenta o enrolamento do motor quando este encontra-se fora de operação, com a finalidade de manter o enrolamento dos motores aquecido pela passagem de corrente, evitando umidade no equipamento. Esta medida foi tomada uma vez que na época de fabricação do motor não estava disponível resistência de aquecimento incorporada ao motor.

Utilizando o alicate amperímetro, foi verificado no lado de baixa do transformador rebaixador a corrente de 2,1 Amperes por fase, sendo que existem 6 motores idênticos e que hoje ficam alimentados 24 horas por dia, chegamos ao consumo de 20 kWh por dia ou seja 15% do consumo da fatura mensal.

A sugestão de melhorar a eficiência aqui, fica por conta da instalação de termostatos para fazer o controle de temperatura, assim, somente quando o motor atingir temperatura abaixo de 25°C, teria circulação de corrente nos enrolamentos.

Bomba d'água para irrigação

Outro equipamento que foi objeto deste estudo e compõe a instalação em questão, é uma bomba do tipo submersa instalada no reservatório da barragem que tem a finalidade de abastecer uma caixa d'água de 20.000 litros, responsável por fornecer água para irrigação do cultivo de espécies nativas de árvores da região.

Esta caixa d'água está instalada no horto florestal distante a 1500 metros do ponto de captação e é mantido pela empresa detentora do contrato de concessão de geração de energia elétrica, como forma de compensação ambiental para o município.

Como não foram encontrados dados desta bomba, optou-se pela medição de corrente com o auxílio de um alicate amperímetro para mensurar a corrente em regime de trabalho nominal onde foi constatado com dados fornecidos por fabricantes destes equipamentos, que se trata de uma bomba ligada a um motor de 2,5 CV. O acionamento da bomba é realizado por sensor do tipo boia, instalado na caixa d'água, pelo menos 2 vezes ao dia em períodos maiores que dois dias sem chuvas e fica ligada por 2 horas para realizar a reposição da quantidade de água utilizada para irrigação.

Analisando o equipamento, foram verificados três pontos a serem corrigidos, com a finalidade de melhorar a eficiência e diminuir o desperdício.

Adaptações realizadas na saída da bomba, com a utilização de curvas fechadas e diminuição do diâmetro da tubulação de saída o que aumenta a perda de carga no sistema. Sugere-se que a tubulação de saída da moto bomba seja refeita, caso necessário, utilizar curvas de raio longo e evitar alterar o diâmetro da tubulação.

Não foi constatado válvula de retenção na saída da bomba, o que implica em perda de toda a coluna de água que fica dentro da tubulação quando ocorre o desligamento do motor. Sugere-se para este caso a instalação de uma válvula de retenção na saída da bomba.

O trajeto de tubulação foi percorrido onde puderam ser constatados pontos de vazamentos, a sugestão é que sejam eliminados os pontos de vazamento diminuindo assim o desperdício de força motriz e em conjunto com a válvula de retenção o esvaziamento da coluna d'água da tubulação.

Bombas de drenagem das galerias

No local, existem duas bombas de drenagem de água responsáveis por esgotarem as águas provenientes de infiltração nas galerias, estas bombas têm seu funcionamento controlado por boias que também informam para o sistema supervisório da usina os níveis dos poços e alarmes de anormalidades no sistema.

Através de medições realizadas com o analisador de energia que foram confrontadas com sistema de supervisão de controle digital da usina, pode-se constatar que embora estas bombas fiquem ligadas por um curto período de tempo, entre 1 a 2 minutos por acionamento, elas entram em funcionamento muitas vezes por dia, foram contabilizadas 240 entradas em operação por dia.

O lugar de instalação das bombas foi analisado e pode-se verificar que o motivo da entrada constante de operação das bombas se deve ao pequeno diâmetro e profundidade do poço onde as bombas estão instaladas.

Como hoje o sistema de partida é feito de forma direta, onde verifica-se correntes de partida na ordem de 6 vezes a corrente nominal, seria plenamente justificada a substituição do sistema convencional de partida por um sistema de partida suave (soft starter) ou por inversor de frequência, os quais pela literatura garante economia de até 40% de energia, porém analisando o local, observa-se grandes canaletas abaixo do nível do piso, interligadas ao poço por onde escoam as águas de infiltração, que podem ser utilizadas como parte do reservatório, necessitando para isso, apenas ajustar as boias que fazem o controle das moto bombas, o que diminuiria consideravelmente o número de partidas que é onde ocorre a maior corrente e também os maiores esforços mecânicos.

Gerador diesel de emergência

Como o vertedouro é considerando um equipamento crítico para o bom desempenho da usina hidrelétrica, pois o mesmo é responsável por controlar o nível do reservatório em caso de enchentes, está instalado no local, um gerador diesel de 30,4KVA/380V em paralelo coma alimentação da concessionária, para que em caso de falta de energia da concessionária, este equipamento entre em operação e possa alimentar todos os equipamentos do vertedouro, sem comprometer o desempenho deste sistema.

Este sistema é controlado por um CLP e parte automaticamente após 3 minutos de falta de energia, mas para que esteja sempre pronto para partir, duas condições são importantes, uma é que a bateria responsável por partir o grupo esteja carregada e outra é que a temperatura da água do motor esteja acima de 25°C, estes controles são feitos automaticamente pelo painel de operação do grupo Diesel. A oportunidade de otimização do consumo de energia fica por conta da segunda condição, pois está instalado no reservatório de água de refrigeração do motor uma resistência de aquecimento de 1000 Watts de potência, responsável por manter a água aquecida, porém o controlador está ajustado para ligar as resistências quando a temperatura da água atinge 39°C e desligar somente quando a temperatura atinge 57°C.

Sugestão para melhorar o desempenho deste sistema e diminuir o consumo de energia é de reparametrizar o controlador, diminuindo o ajuste de temperatura de entrada das resistências de aquecimento para um valor próximo, porém acima da condição de partida e a temperatura de saída das resistências, seja reduzida para um delta de 10°C.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho, verificamos que alguns sistemas devem ser substituídos por equipamentos mais modernos e com tecnologias que permitem diminuir o consumo de energia, como é o exemplo das lâmpadas de descarga por lâmpadas LED.

Outros sistemas (com motores e sistemas de aquecimento) quando analisados criteriosamente, pode-se identificar soluções de baixo custo para melhorar a eficiência.

Com as melhorias propostas, (troca de lâmpadas, instalação de termostatos e ajustes técnicos) estima-se que o valor de energia, reduza de 40 a 50% após a implantação, conforme pode ser verificado na tabela abaixo:

Tabela 1-Resumo das propostas

Parâmetros	Consumo mensal atual (kWh)	Consumo mensal projetado (kWh)	Economia (%)	Total Investimento estimado (R\$)	Tempo de retorno estimado (meses)	Economia na conta de energia (%)
Sistema de iluminação	2150*	910	58	30.000.00	24	24
Motores de acionamento das comportas	600	300	50	0.00	Imediato	7
Bomba de água para irrigação	360	300	20	200.00	5	2
Bomba de drenagem das galerias	540	324	40	0.00	Imediato	5
Gerador diesel de emergência	360	100	72	0.00	Imediato	6
Total						44

*Considerando que todas as lâmpadas estão em funcionamento.

Podemos concluir que este trabalho vem de encontro com os conceitos da ISO 50001 e também de eficiência energética, que é fazer com que uma organização reduza seus gastos com energia, manutenção e infraestrutura.

REFERÊNCIAS

KANG, D.; LEE, D. H. **Energy and environment efficiency of industry and its productivity effect.** *Journal of Cleaner Production*, [s.l.], v. 135, p. 184–193, 2016. ISSN: 0959-6526, DOI: 10.1016/J.JCLEPRO.2016.06.042.

REKIOUA, D. **Energy Management for PV Installations.** *Advances in Renewable Energies and Power Technologies*. [s.l.]: Elsevier Inc., 2018. v. 1, 349-369 p. ISBN: 9780128132173, DOI: 10.1016/B978-0-12-812959-3.00011-3.

SOLA, A. Va. H.; KOVALESKI, J. L. **Eficiência energética nas indústrias : Cenários & oportunidades.** In: *XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção*. [s.l.]: [s.n.], 2004. Disponível em: <<http://pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/ebook/2004/81.pdf>>. Acesso em: 10/set./18.

**Área/Linha de Pesquisa: Máquinas Elétricas****Área Temática: Monitoramento e Análise De Máquinas Elétricas****PLATAFORMA DE MONITORAMENTO E ANÁLISE
DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS****Aluno: Diego Conti****Orientador: Cássio Luciano Baratieri****INTRODUÇÃO**

Perante a contínua evolução da sociedade, tem-se requerido das indústrias adaptação às novas demandas de produção e tecnologias. Essa tendência o implica em uma necessidade administrativa cada vez mais complexa, tornando-se indispensável o emprego da tecnologia no meio industrial para suprir tal carência. Diante disso, surge uma transformação denominada de quarta revolução industrial, ou indústria 4.0, a qual tem como uma das principais características o emprego da tecnologia de comunicação entre as máquinas, criando redes que se estendem por todo o ciclo de vida do produto (FREITAS, et al., 2016).

Dessa forma, manifesta-se uma exigência de ferramentas que possam monitorar as máquinas responsáveis pelos diversos processos industriais. Tendo em vista que na maior parte dessas máquinas usa-se de motores como fonte de potência mecânica, torna-se oportuno o monitoramento desses. Além da indústria temos motores presentes no setor rural, comercial e residencial. Nesses setores mais de 95% do total dos motores instalados são de indução, trifásicos e monofásicos, os quais são portadores de características operacionais que permitem o acionamento de uma diversidade de modelos de máquinas e equipamentos. Além disso, esses motores têm como uma das principais características a longa vida útil e baixa necessidade de manutenção, bem como menor custo e maior facilidade de instalação (FILHO, 2013). Entretanto, esses podem apresentar problemas caso sejam submetidos a condições de operação distantes da nominal. Diante disso são encontradas diversas soluções na literatura.

Conforme foi proposto por Chetwani, Shah e Ramamoorthy (2005), com monitoramento dos sinais de corrente de um motor de indução foi possível diagnosticar determinadas falhas que ocorrem no mesmo. Os autores fazem uso de um sistema composto de um conversor analógico-digital, onde realizam a digitalização dos sinais de corrente que percorrem as fases de alimentação do motor. Para correntes altas usam um transformador de corrente com a finalidade de reduzir a níveis adequados, com os sinais já digitalizados realizam uma análise no domínio da frequência por meio de algoritmo baseado na *Fast Fourier Transform* (FFT). Com esse sistema os autores conseguiram realizar diagnósticos de falhas relacionadas ao rotor, estator, rolamentos e excentricidade realizando comparações entre espectros dos sinais de corrente encontrados nos motores danificados e os motores saudáveis. Assim é possível determinar diagnósticos de falhas em motores sem a necessidade de intervenção mecânica ou a parada destas máquinas.

Um sistema de monitoramento de motores de indução em tempo real pode ser desenvolvido utilizando um *Advanced RISC Machines* (ARM), conectada a uma rede com tecnologia *Controller Area Network* (CAN). Nesse sistema o ARM S3C2410X representa o microprocessador, o qual é responsável pela aquisição e processamento dos dados. Esse dispositivo é capaz de realizar uma amostragem de 500kSPS com resolução de 10 bits, ou seja, 500000 amostras por segundo com

valor decimal que vai de 0 a 1023. O MCP2510 é um controlador CAN autônomo desenvolvido para simplificar aplicativos que requerem interface com um barramento CAN. Na aquisição dos sinais são usados sensores de tensão e corrente SPT204A e SCT240B, respectivamente, com finalidade de adequar os valores de tensão e corrente ao valores aceitáveis pelo conversor A/D do S3C2410X, que nesse caso corresponde a variação entre 0 e 3.3 volts. O TJA1050T fornece a capacidade de transmissão diferencial, que aumenta muito a confiabilidade da comunicação, e ainda faz a conexão entre o MCP2510 e a rede. Dessa maneira esse sistema proporciona um monitoramento em tempo real de uma rede de máquinas de indução de maneira estável e confiável (WANG et al., 2011).

A análise da assinatura elétrica realiza um rastreamento de componentes com falha presentes em motores de indução. Esse diagnóstico é realizado por meio de diferentes ferramentas de processamento de sinal, como por exemplo a transformação de Fourier, porém os indicadores de falhas podem variar com o tipo, modelo, potência ou com a característica de carga da máquina. Neste sentido Fournier et al. (2014) realizaram um trabalho direcionado em mitigar essas variações. Para isso foi desenvolvido um protocolo de monitoramento que tem a finalidade de construir referências genéricas para os diagnósticos de falha nessas máquinas. Essas referências são geradas analisando o perfil de torque e velocidade. Dessa forma, obtém-se um diagnóstico mais preciso independente da região de operação em que se situa o motor.

De acordo com Patil, Date e Kushare (2014), pode-se desenvolver um sistema de monitoramento por meio de um Processador Digital de Sinais (PDS), popularmente conhecido como *Digital Signal Processor* (DSP). Os autores propuseram a execução de uma série de amostragem dos valores de tensão e corrente por meio de sensores e transformadores, os quais tem o propósito de adequar os valores a serem medidos. Em seguida, foram realizados os cálculos que indicam a potência complexa e, por fim, esses valores foram atualizados em um display *Liquid Crystal Display* (LCD) e enviados ao computador por intermédio de um módulo de comunicação sem fio denominado de ZigBee. Dessa forma os autores realizaram um monitoramento com baixo custo de implementação e ainda com uma grande flexibilidade, devido utilizarem um módulo de conexão sem fio facilitando a instalação.

Conforme é proposto por Menezes (2017), é possível desenvolver um programa em LabVIEW para realizar o monitoramento de um motor de indução trifásico, para tanto se faz necessário o uso de instrumentos para aquisição dos valores de tensão e corrente. Nesse caso o autor indica o uso de transdutores para transformar os valores de tensão nominais em níveis adequados ao hardware responsável pela aquisição de dados que para esse trabalho utilizou-se a placa PCI NI-6220 da *National Instruments*. Essa placa de aquisição tem a finalidade de converter os sinais analógicos para digitais. Assim o computador poderá receber esses sinais e processá-los por intermédio do programa LabVIEW, o qual possui uma linguagem de programação gráfica que facilita a implementação de algoritmos. Além disso, esse aplicativo possui ferramentas que auxiliam nos cálculos da potência complexa e nas análises gráficas das formas de ondas de tensão e corrente.

Diante dos trabalhos apresentados percebe-se que existem vários métodos de monitoramento e análise de máquinas de indução. Esses trabalhos apresentam concordância em alguns aspectos como: desenvolvimento de sistemas de baixo custo, diagnósticos mais precisos e sem a necessidade de parada do motor e facilidade de instalação do sistema.

Diante disso o presente trabalho tem como finalidade o desenvolvimento de uma plataforma de monitoramento e análise de motores de indução trifásicos. Faz-se oportuno o seu desenvolvimento diante da necessidade de monitorar para obter um melhor rendimento e vida útil, e evitar paradas inesperadas nos processos industriais. Além disso, surge uma oportunidade de uso dessa ferramenta no meio educacional, auxiliando na compreensão do funcionamento dos motores de indução trifásicos. Neste sentido, é realizado um estudo dos principais componentes da plataforma em questão: os algoritmos de determinação da potência complexa e a análise de componentes harmônicos, bem como dos circuitos de instrumentação e aquisição de sinais.

Também são desenvolvidas: as placas de circuito impresso (PCI), a interface de comunicação e o sistema supervisor. O desempenho operacional desses elementos é avaliado por intermédio do aplicativo PSIM, Proteus e Visual Studio. O processo de validação baseia-se na comparação entre os algoritmos implementados em um sistema de emulação digital e os elementos de medida fornecidos pelos próprios aplicativos. O sistema de emulação digital visa representar um processador digital de sinais ou um *System-on-Chip*, e todo seu algoritmo foi desenvolvido em linguagem C. Além disso é realizada a implementação experimental, onde os resultados obtidos são comparados com ferramentas de medição utilizadas em laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento dos algoritmos de determinação da potência complexa são utilizados dois métodos: o algoritmo baseado na transformada de Clarke e o algoritmo baseado em filtros digitais.

Por outro lado, análise de componentes harmônicos faz uso da série de Fourier em tempo discreto. A validação desses algoritmos ocorreu por meio de simulações computacionais no aplicativo PSIM, a Fig. 1 apresenta o circuito utilizado na validação.

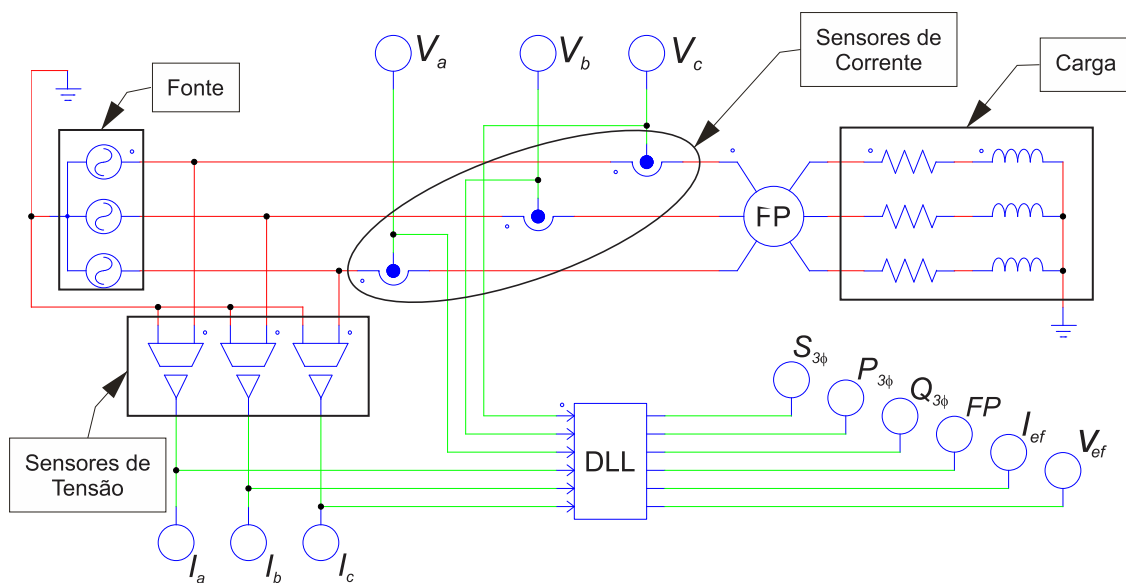


Figura 1 – Circuito de simulação dos algoritmos desenvolvidos.

Os circuitos de instrumentação, aquisição de sinais e comunicação, presentes na placa de circuito impresso, são projetados com auxílio do aplicativo Proteus, o qual possui ferramentas dedicadas à simulação e projeto de circuitos eletroeletrônicos. A interface gráfica é desenvolvida por meio do aplicativo Visual Studio, que conta com uma vasta gama de recursos para desenvolvimento de *softwares*. Para validação da placa de circuito impresso e da interface gráfica, são realizadas simulações experimentais em laboratório. O conjunto de equipamentos utilizados nessas simulações são apresentadas na Fig. 2.

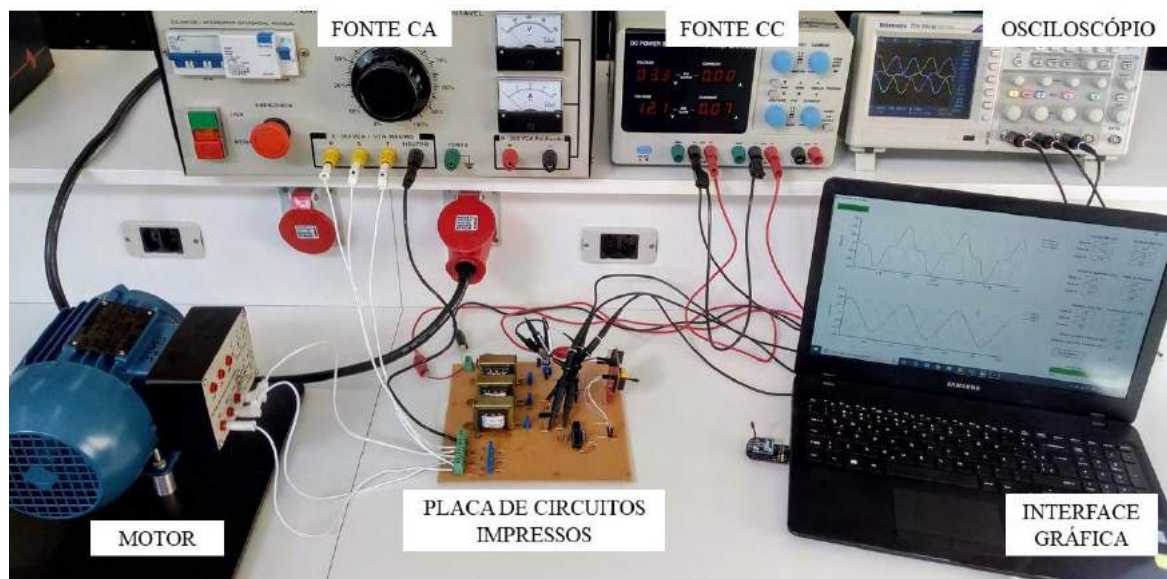


Figura 2 – Simulação experimental da plataforma em laboratório.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para avaliação de desempenho dos algoritmos de determinação da potência complexa, é realizada uma comparação entre os resultados obtidos pelos algoritmos e os obtidos pelas ferramentas de análise disponíveis no aplicativo PSIM. Diante da Tabela 1, percebe-se que o algoritmo de determinação da potência complexa, baseado em filtros digitais, apresenta uma precisão mais elevada nos resultados quando comparamos ao algoritmo baseado em Clarke. Contudo, o código baseado em filtros digitais possui uma elevada demanda de processamento computacional devido à análise individual de cada fase. Esse fato pode ser promissor caso o sistema trifásico esteja com algum desequilíbrio, visto que o algoritmo baseado em Clarke é eficiente para sistemas em equilíbrio.

Tabela 1 – Comparação dos resultados da potência complexa obtidos pelos algoritmos e pelo aplicativo PSIM

Grandeza	Método	PSIM	Algoritmo	Erro relativo
Fator de potência	Clarke	0.93572	0.93572	0.00032%
	Filtro	0.98269	0.98269	0.00002%
Corrente eficaz	Clarke	3.12060 A	3.12050 A	0.00320%
	Filtro	3.12047 A	3.12045 A	0.00064%
Potência aparente trifásica	Clarke	566.200 VA	566.100 VA	0.01766%
	Filtro	594.530 VA	594.520 VA	0.00168%
Potência ativa trifásica	Clarke	529.770 W	529.720 W	0.00944%
	Filtro	584.240 W	584.230 W	0.00171%

Os algoritmos de análise dos componentes harmônicos, são validados por meio de simulações no PSIM. Essas simulações demonstraram desempenho satisfatório. Visto que apresentaram valores de erros relativos desprezíveis em frequências baixas e aceitáveis para altas frequências, sendo que o maior erro em relação a ferramenta de análise do PSIM é 2,78% para frequência de 2400 Hz.

Os circuitos presentes na placa de circuito impresso tornam-se válidos por intermédio do funcionamento correto da interface gráfica. Isso ocorre em razão de que aos valores e gráficos apresentados na interface dependerem diretamente do circuito de processamento e amostragem de sinais, da interface de comunicação entre a PCI e o computador, do algoritmo presente na placa e da compatibilidade eletromagnética que a PCI oferece. Diante disso, são realizadas comparações entre os valores determinados pela interface e os obtidos através dos instrumentos utilizados para medição dos valores da potência complexa. A Tabela 2 apresenta a comparação dos resultados experimentais, onde é possível perceber o desempenho satisfatório da plataforma, devido aos baixos erros relativos.

Tabela 2 – Comparação entre os valores obtidos pelos instrumentos e pela plataforma.

Grandeza	Fase	Instrumento Utilizado	Valor com Instrumento	Valor com Plataforma	Erro Relativo
Fator de Potência	A	Wattímetro ET-4053	0.301	0.29	3.65%
	B	Wattímetro ET-4054	0.265	0.26	1.89%
	C	Wattímetro ET-4055	0.228	0.22	3.51%
Tensão Eficaz	A	Wattímetro ET-4054	100.2 V	99.72 V	0.48%
	B	Wattímetro ET-4055	98.7 V	98.29 V	0.42%
	C	Wattímetro ET-4056	99.5 V	99.12 V	0.38%
Corrente Eficaz	A	Amperímetro Fluke-325	0.36 A	0.35 A	2.78%
	B	Amperímetro Fluke-326	0.35 A	0.34 A	2.86%
	C	Amperímetro Fluke-327	0.36 A	0.35 A	2.78%

A interface gráfica correspondente a avaliação da qualidade de energia, desenvolvida no aplicativo Visual Studio, é apresentada na Fig. 3. Essa interface apresentou desempenho satisfatório, em razão de que as formas de ondas avaliadas apresentam concordância com as do osciloscópio. Diante disso, pode-se validar a funcionalidade da plataforma, a qual apresentou concordância com os valores e formas de onda obtidos pelos instrumentos presentes no laboratório.

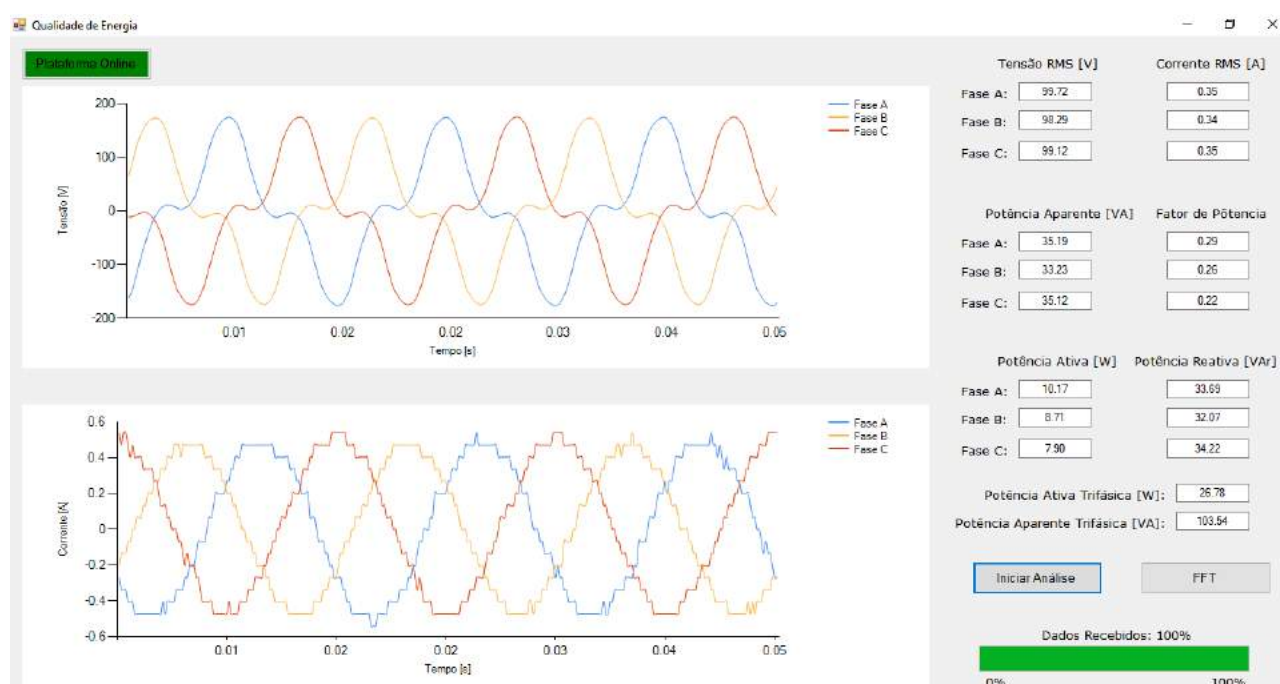


Figura 3 – Interface gráfica simulada experimentalmente.

CONCLUSÕES

Este trabalho propôs a implementação dos algoritmos de cálculo da potência complexa, de definição do espectro harmônico, bem como os circuitos de condicionamento, aquisição e comunicação, presentes na PCI. Também foi implementada uma interface gráfica que realiza análises baseadas nos algoritmos desenvolvidos. Esse conjunto constitui a plataforma de monitoramento e análise aplicada a motores de indução trifásicos. Diante dos resultados obtidos na validação experimental, são avaliados aspectos que demonstram o desempenho e funcionalidade da plataforma. Portanto, pode-se inferir que a plataforma atingiu um adequado desempenho nas análises que utilizaram o algoritmo baseado em filtros digitais, além disso a parte gráfica proporciona uma adequada avaliação da qualidade de energia aplicada aos motores, devido as formas de ondas serem coerentes com as formas obtidas pelos instrumentos usados na validação experimental.

REFERÊNCIAS

- CHETWANI, S.; SHAH, M.; RAMAMOORTY, M. **Online condition monitoring of induction motors through signal processing**. 2005 International Conference on Electrical Machines and Systems, v. 3, n. 6, p. 2175–2179, 2005. ISSN 00939994.
- FILHO, G. F. **Motor de Indução**. 2nd. ed. [S.l.]: Érica, 2013.
- FOURNIER, E. et al. **A generic diagnosis protocol for the monitoring of induction motors based on multiple statistical references in the torque-speed plane**. IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference), p. 3348–3354, 2014. ISSN 1553-572X.
- FREITAS, M. M. B. C. de; FRGA, M. A. d. F.; SOUZA, G. P. L. de. **Logística 4.0: Conceitos e Aplicabilidade: uma pesquisa-ação em uma Empresa de Tecnologia para o Mercado Automobilístico**. Caderno PAIC, v. 17, n. 1, p. 237–261, 2016. ISSN 2447-8954.
- MENEZES, N. R. **Desenvolvimento de Programa em LabVIEW para Monitoramento de um Motor de Indução Trifásico**. Monografia (Graduação) — UFRJ - Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2017.
- PATIL, R. R.; DATE, T. N.; KUSHARE, B. E. **ZigBee based parameters monitoring system for induction motor**. 2014 IEEE Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science, SCEECS 2014, 2014.
- WANG, C. et al. **An On-line Distributed Induction Motor Monitoring System Based-on ARM and CAN Bus**. 2011 Sixth International Symposium on Parallel Computing in Electrical Engineering, p. 185–188, 2011.



Área/Linha de Pesquisa: Sistemas de energia
Área do Conhecimento ou Área Temática: Qualidade de energia elétrica

ANÁLISE DOS EFEITOS DE DISTORÇÕES HARMÔNICAS NA CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

Aluno: Diogo Renato Oleksinski
Orientador: Prof. Me. Sérgio Bordignon

INTRODUÇÃO

A partir do início do século XX, e até algumas décadas atrás, as instalações elétricas em geral supriam, quase que exclusivamente, apenas cargas de natureza linear, ou seja, cargas constituídas essencialmente por elementos resistivos, indutivos e capacitivos, perfazendo-se impedâncias consideradas constantes (SILVA, 2001).

Com o desenvolvimento da eletrônica de potência vem crescendo de maneira acelerada a inserção de equipamentos eletrônicos mais sofisticados, nos setores residencial, comercial e, principalmente, no setor industrial devido a processos de automatização. Esses equipamentos são considerados cargas não lineares, ou seja, a corrente que é absorvida por esses dispositivos não tem a mesma forma que a tensão que os alimenta.

A introdução desses equipamentos ao sistema acaba gerando uma classe de distúrbios de energia elétrica chamada de distorções harmônicas, que são distorções da forma de onda de corrente e tensão devido ao somatório de ondas secundárias geradas por cargas não lineares causando diversos problemas entre eles sobreaquecimento e vibração excessiva, ruído, atuação intempestiva de dispositivos de proteção, aumento de tensões neutro-terra, entre outros.

Este trabalho destina-se a análise da influência de distorções harmônicas em sistemas elétricos com ênfase na correção do fator de potência. Tem como objetivo demonstrar através de ensaios feitos em bancada, qual é o comportamento do FP de uma carga indutiva (motores), na presença de distorções harmônicas inseridas propositalmente. Assim, é possível comparar os dados adquiridos através de um analisador de energia, entre o acionamento da carga feita utilizando partida direta e utilizando inversor de frequência (gerador de perturbação).

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo da carga e dimensionamento do banco de capacitores, foi equacionado utilizando como base dados extraídos de ensaios feitos no Laboratório de Acionamentos Elétricos da URI – Câmpus de Erechim.

Posteriormente foi montada uma bancada de testes apresentada da Figura 1, conforme diagrama unifilar demonstrado na Figura 2, com a fase B como referência, e por fim foram comparados dados de tensão, corrente, potências, distorção harmônica e fator de potência de 150 amostras em regime permanente, extraídos pelo analisador de energia RE6000, para os acionamentos através da partida direta e com o uso de inversor de frequência.

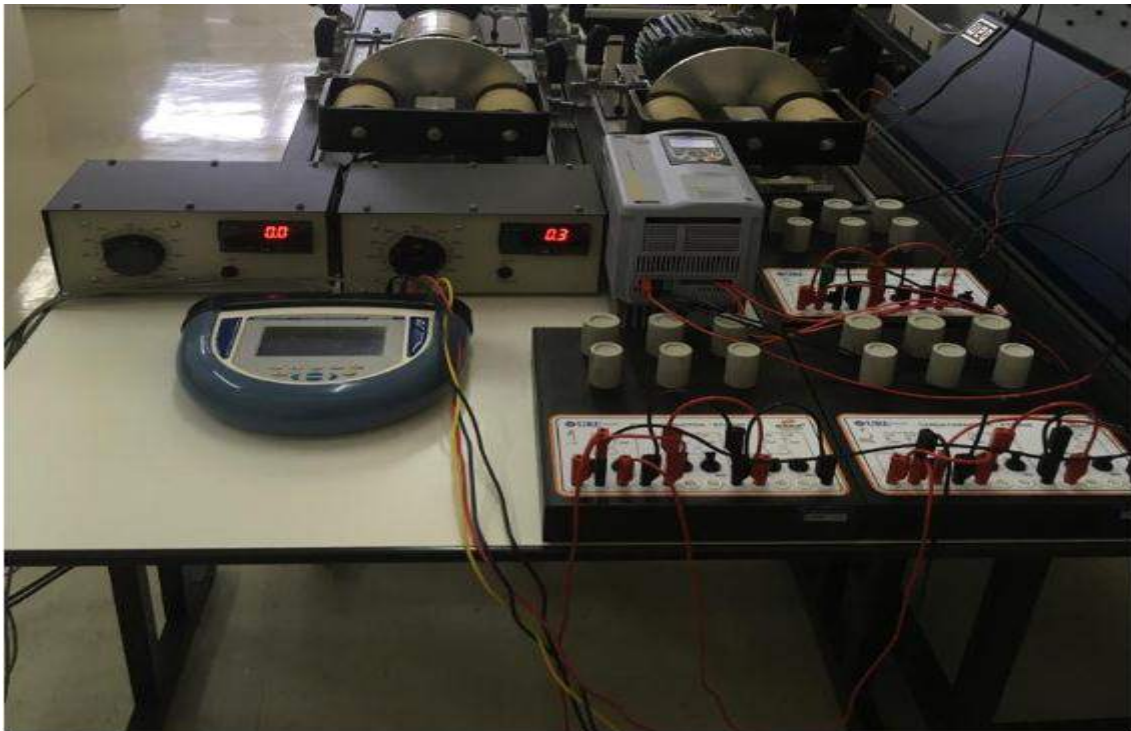


Figura 1 – Bancada de acionamento dos motores de indução para aquisição de dados com analisador.

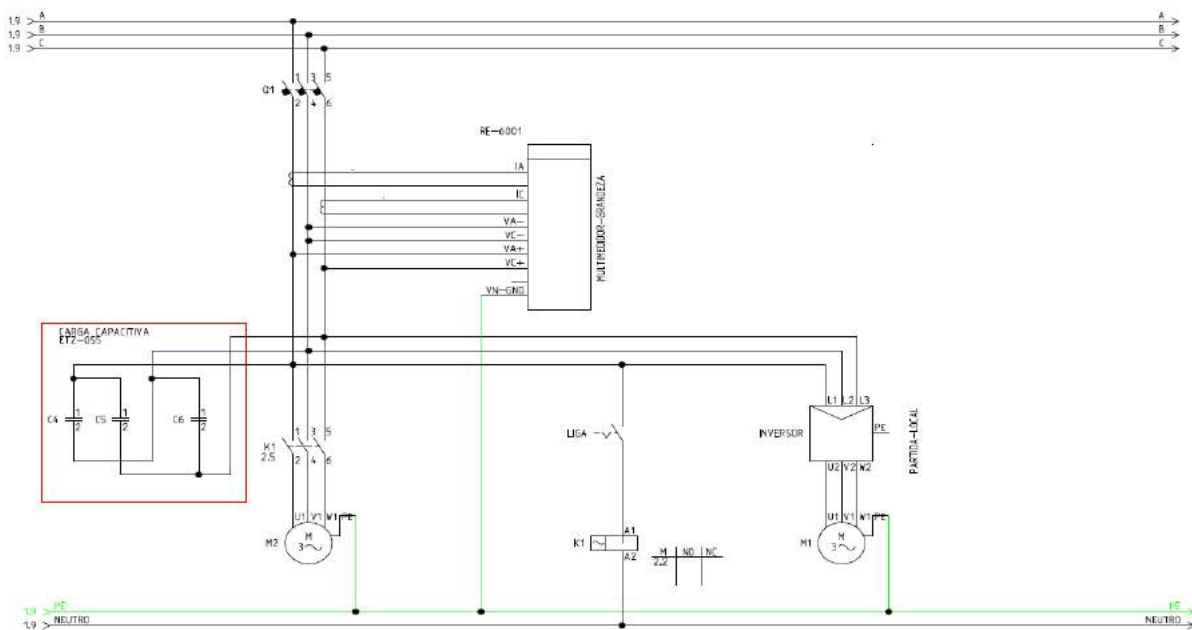


Figura 2 – Circuito unifilar da bancada de testes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da organização dos valores adquiridos pelo analisador de energia, calculou-se as distorções harmônicas individuais de tensão e corrente ($DHI_V\%$ e $DHI_I\%$), juntamente com as

distorções harmônicas totais de tensão e corrente ($DHT_V\%$, $DHT_I\%$), para harmônicas de ordem ímpar até a 50ª harmônica conforme Figura 3.

Entradas Partida Direta	
DHTi[Fase A] [%]	8,81
DHTi[Fase C] [%]	8,74
DHTv[Fase A] [%]	3,056
DHTv[Fase C] [%]	3,24
Entradas Partida com Inversor	
DHTi[Fase A] [%]	66,37
DHTi[Fase C] [%]	64,79
DHTv[Fase A] [%]	2,92
DHTv[Fase C] [%]	3,08

Figura 3 - $DHT_V\%$, $DHT_I\%$ médias para fase A e fase C.

Conforme os gráficos, referentes ao fator de potência calculados para a Fase A apresentados na Figura 4 e Figura 5, é possível notar que a magnitude do fator de potência aumenta quando é feito o acionamento através do inversor de frequência, se houvesse uma linha de tendências que mostrasse o valor médio de todas as amostras apresentadas, o do ensaio utilizando partida direta ficaria em torno de 0,956, enquanto que o ensaio partindo com o inversor ficaria em 0,985.



Figura 4 - Fator de potência Fase A acionamento por partida direta.

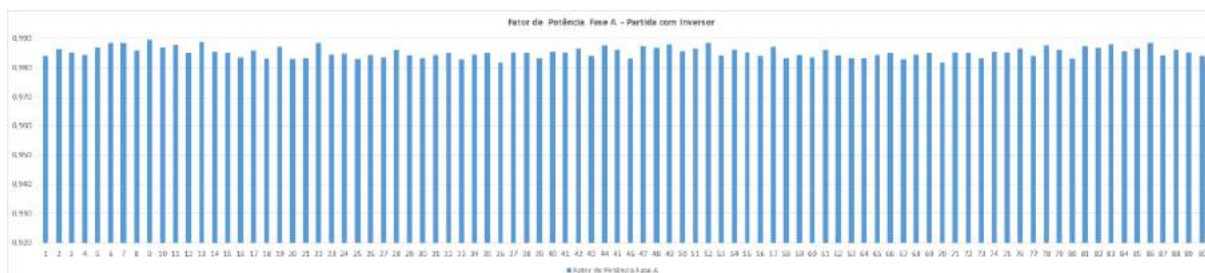


Figura 5 - Fator de potência Fase A acionamento com inversor de frequência.

Nos gráficos, referentes ao fator de potência calculados na fase C, apresentados na Figura 6 e Figura 7, nota-se que não ocorreu o mesmo aumento no valor do fator de potência e que em média ele permaneceu praticamente constante.



Figura 6 - Fator de potência Fase C acionamento por partida direta.



Figura 7 - Fator de potência Fase C acionamento com inversor de frequência.

Um modo de visualizar com mais clareza quais os efeitos percebidos pela rede, quando se trata de um valor global para o fator de potência, é demonstrado através da Figura 8 e Figura 9, onde são calculados através da metodologia proposta pelo fabricante do analisador os fatores de potência totais das fases A e C.

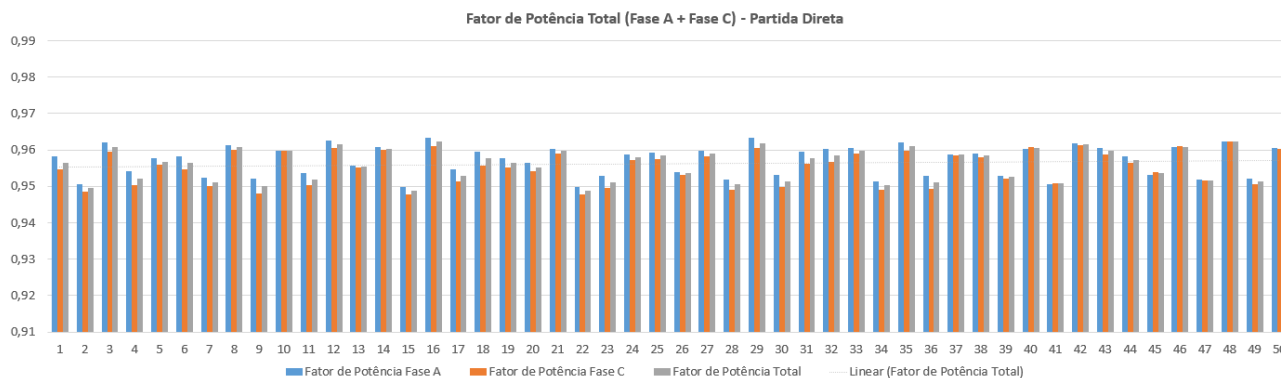


Figura 8 - Fator de potência total calculado através da potência aparente - partida direta

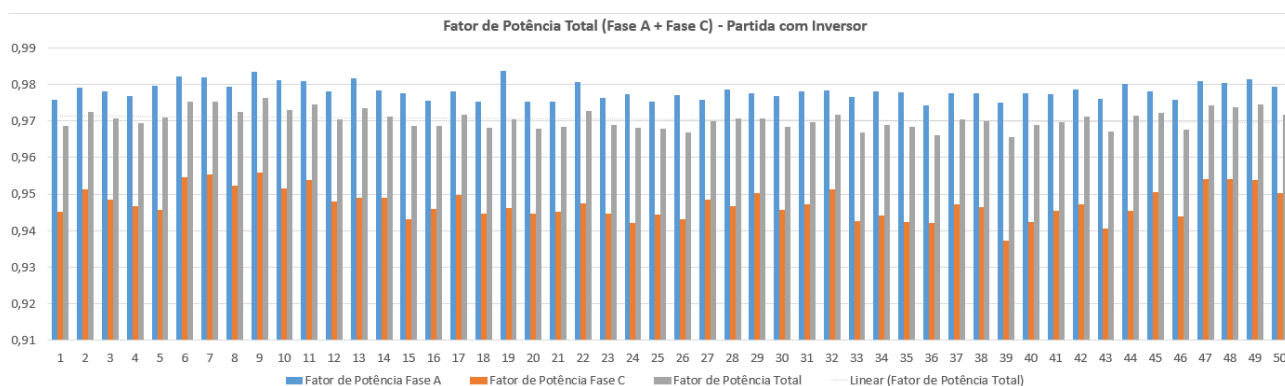


Figura 8 - Fator de potência total calculado através da potência aparente – partida com inversor

CONCLUSÕES

A análise da influência de distorções harmônicas no comportamento do fator de potência é algo muito relevante atualmente, devido a evolução dos equipamentos voltados para o ramo da eletrônica.

E através de cálculos para a modelagem da carga, dimensionamento dos bancos de capacitores para correção do fator de potência e ensaios em bancada de testes montada no laboratório de acionamentos, conclui-se que as distorções harmônicas geradas pelo inversor de frequência, neste caso, mostraram diferença significativa presente na fase A e moderadas na fase C, salientando novamente que a fase B foi utilizada como referência para o analisador.

Quando calculados os fatores de potência totais utilizando a potência aparente como a soma da ativa com a reativa, conforme consta no manual do fabricante do analisador, pode-se notar que com o acionamento através do inversor de frequência ocorre um incremento de valor do fator de potência de 0,956 para 0,97 conforme as linhas de tendência apresentadas no capítulo anterior.

Por ter sido utilizado um inversor de frequência no acionamento dos motores, e o mesmo conter um banco de capacitores no barramento CC do equipamento, já era esperado que mesmo com a inserção de distorções o fator de potência fosse ter sua magnitude aumentada.

REFERÊNCIAS

- LEÃO, R.P. S; SAMPAIO, R F; ANTUNES, F. L. M. **Harmônicos em sistemas elétricos**. 3ed. Rio de Janeiro: Campus, 2014.
- SILVA, M. C. I. **A moderna eficiência energética e seus possíveis efeitos sobre o desempenho operacional de equipamentos e instalações elétricas**. Apostila de revisão de conceitos gerais – Distorções Harmônicas. Belo Horizonte, MG, 2001.

**Área/Linha de Pesquisa: Sistema de Iluminação****Área do Conhecimento: Tecnologia LED em Sistemas de Iluminação****ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO UTILIZANDO A TECNOLOGIA LED NOS PISOS SUBTERRÂNEOS 2S E 4S DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO FUNDO****Aluno: Elias Braga Tótora De Almeida Moraes****Orientador: Prof.: Esp. Fernando Luís Tartari Peres****INTRODUÇÃO**

Com o passar dos anos e com o crescimento das cidades o desenvolvimento das empresas exige estudos que possuam intuito de economizar no dia-a-dia e preservar o planeta, um desses estudos é o da utilização da iluminação mais adequada.

A Usina Hidrelétrica de Passo Fundo - UHPF é um exemplo disso, a Usina e suas instalações foram construídas há cerca de 45 anos, e hoje necessitam uma nova estrutura de distribuição do sistema de iluminação interno, a luz é indispensável nos ambientes de trabalho e contribui para aumentar a eficiência, a precisão e a segurança das atividades e dos trabalhadores, sem causar fadiga visual e desconforto.

Eficiência energética pode ser conceituada como a busca por um sistema de redução de consumo de energia e otimização de processos através de técnicas, métodos ou comportamentos. Os sistemas de iluminação são responsáveis por uma parcela importante do consumo de energia elétrica em todos os níveis da matriz de consumo. A utilização de tecnologias eficientes é importante para que se obtenha acréscimos na qualidade da iluminação e na redução sustentável do consumo de energia elétrica. (RAMINHOS; VALDEZ; FERREIRA, 2014).

A tecnologia LED tem como pontos fortes a redução efetiva do consumo, elevado índice de restituição de cores, flexibilidade na temperatura da cor, capacidade de atingir sua luminância de imediato, robustez e vida útil muito superior as demais tecnologias. Como pontos fracos temos o custo destas luminárias e a elevada quantidade de eletrônica presente, exposta a condições atmosféricas como umidade, calor e frio. (BRANDÃO, 2013).

A iluminação a LED possui muitas vantagens como, por exemplo, emissão de luz direcional, tamanho compacto, acionamento rápido, pouca irradiação de calor, além da grande emissão de luz por potência absorvida. Devido a essas características o LED é considerado o futuro da iluminação mundial.

Este estudo realiza uma pesquisa com diferentes tipos de lâmpadas e luminárias que podem ser empregadas em um sistema de iluminação, apresenta as características técnicas tanto do ponto de vista construtivo quanto elétrico dos pisos 2S e 4S da UHPF, além de analisar e propor com a ajuda de um software dedicado, um novo projeto de iluminação para estes dois pisos, considerando além da parte técnica, a viabilidade financeira e o ganho em eficiência energética.

MATERIAL E MÉTODOS

A Figura 1 mostra a planta civil dos pisos 2S e 4S, nesta imagem estão dispostos o poço das duas Unidades Geradoras, além das vigas existentes. Este estudo foi realizado no sistema de iluminação de toda área em torno dos poços dos Geradores.

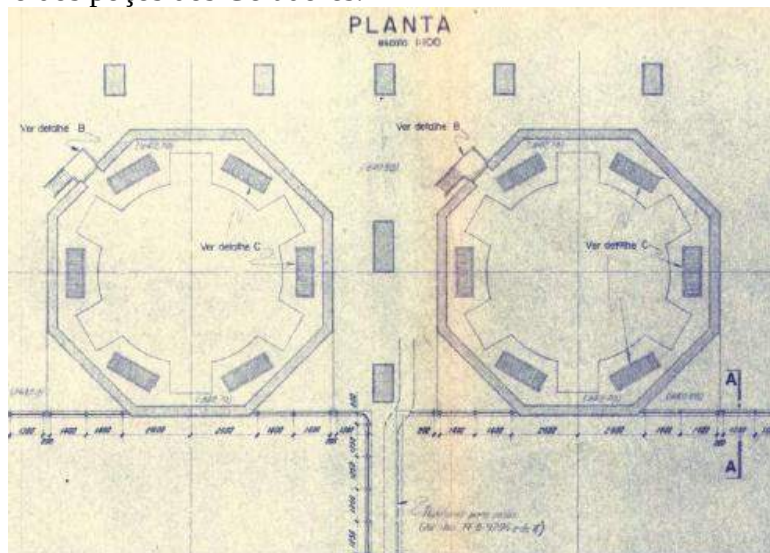


Figura 1 – Área de estudo

A primeira etapa deste estudo, consistiu em realizar uma pesquisa bibliográfica exploratória dos assuntos essenciais para seu desenvolvimento, através de artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e livros, de maneira que serão estudados conceitos de eficiência energética e sistemas de iluminação, principalmente os que utilizam tecnologia LED.

A segunda etapa, utilizou um software dedicado para sistemas de iluminação. As simulações efetuadas neste software serviram para analisar a eficiência do atual sistema e de um novo sistema que utilize a tecnologia LED.

O software utilizado para efetuar as simulações foi o Dialux versão 4.13. Este programa é gratuito, permite criar ambientes e simular seu sistema de iluminação. Para inserir as luminárias no Dialux é necessário um arquivo de extensão .IES que contém as informações que compõe a luminária, como dimensões da luminária e da superfície de iluminação, temperatura da cor, ângulo de abertura da luminária e a potência. Os fabricantes das luminárias disponibilizam os arquivos .IES justamente para utilização em softwares de simulação de sistemas de iluminação.

A última etapa teve como objetivo realizar análises técnicas após as simulações no Dialux, comparando o sistema instalado atualmente com um novo projeto que utiliza a tecnologia LED. Além destas análises técnicas foram efetuadas comparações para verificar a economia em eficiência energética e financeira do sistema atual versus o novo projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os primeiros resultados a serem apresentados são referentes as simulações realizadas no Dialux. As Figuras 2 e 3, mostram em cores falsas as simulações do sistema de iluminação atual da UHPF e do novo projeto que utiliza a tecnologia LED. A Figura 2 para o piso 2S e a Figura 3 para o piso 4S. Com o auxílio das legendas ao lado esquerdo, é possível notar o aumento da iluminância com o novo projeto que utiliza a tecnologia LED, pois a iluminância que não passa de 80 Lux no sistema atual, tem média superior a 200 Lux para o novo projeto. Este valor de 200 Lux é o valor de iluminância mínima mantida que a norma ISO/CIE 8995-1:2013 sugere para este tipo de local.

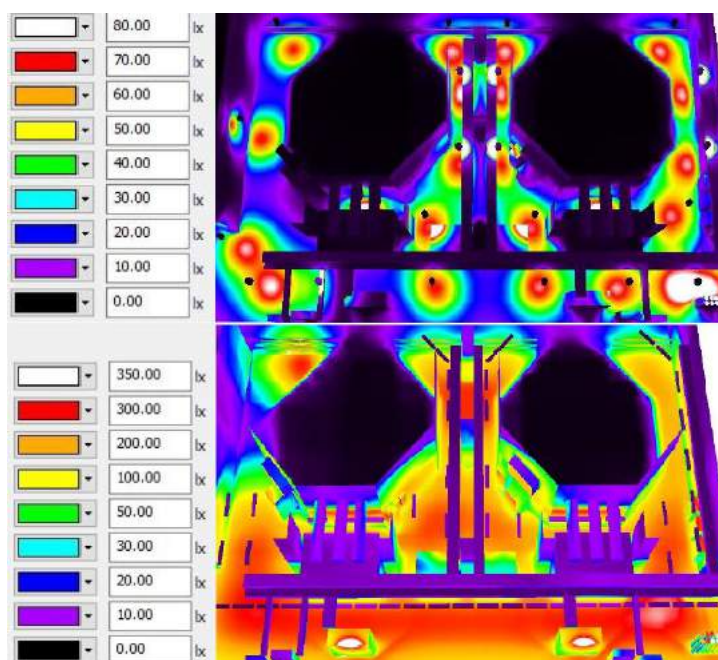


Figura 2 – Antes e depois piso 2S

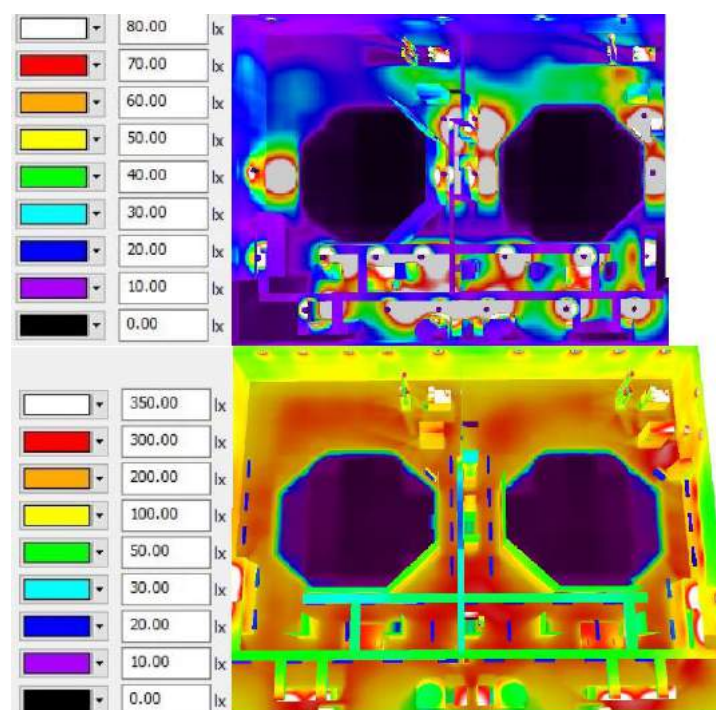


Figura 3 – Antes e depois piso 4S

Para os resultados de eficiência energética, se realizou o levantamento da quantidade de luminárias e lâmpadas, além da energia consumida por cada uma delas, tanto para o sistema atual quanto para o novo projeto.

O sistema de iluminação atual da UHPF possui 50 lâmpadas mistas, que totalizam 7500W de potência nominal e fica ligado 24 horas por dia. Já o novo projeto que utiliza a tecnologia LED, irá possuir 127 luminárias, sendo divididas em 12 circuitos, totalizando 4642W de potência nominal, sendo que de segunda a sexta em 9 horas do dia os 12 circuitos ficarão ligados, nas outras horas, incluindo sábado e domingo somente 4 circuitos ficarão ligados. A Figura 4 apresenta a comparação anual do consumo.

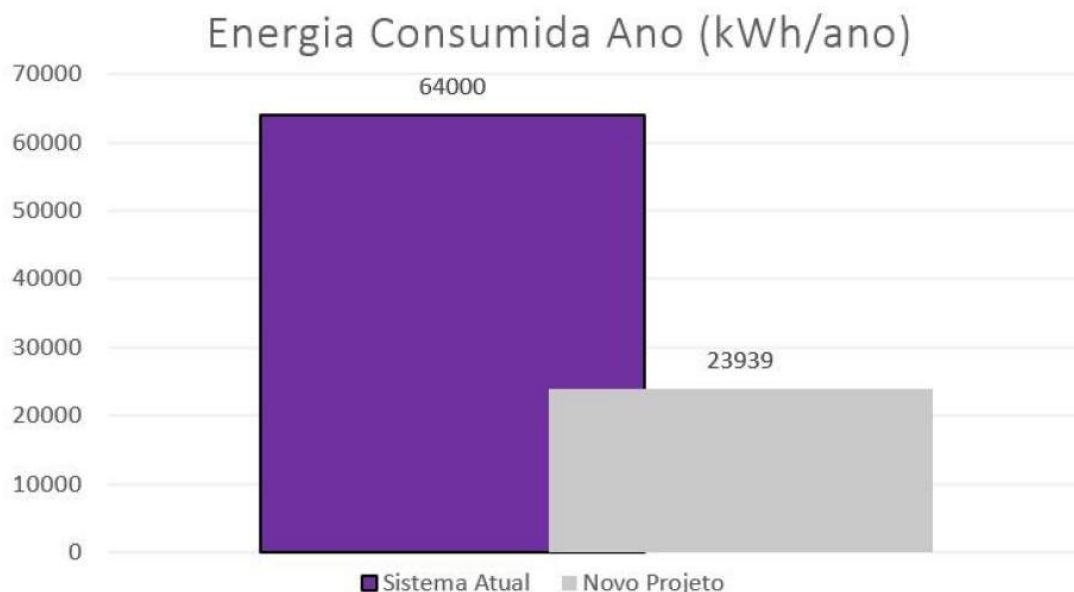


Figura 4 – Gráfico eficiência energética: Sistema Atual x Novo Projeto

Sobre o gráfico da Figura 4, a economia de energia elétrica com o novo projeto chega a pouco mais 40 MWh por ano, uma economia de 63% comparado ao sistema de iluminação atual. Outra vantagem é que a UHPF ao invés de consumir essa energia, ela a disponibiliza ao Sistema Interligado Nacional.

A Tabela 1, mostra todo levantamento financeiros deste estudo.

Parâmetros	Sistema Atual	Novo Sistema
Quantidade de Luminárias	50	127
Custo por luminárias	R\$0,00	R\$21.390,00
Custo por ponto de instalação	R\$0,00	R\$12.700,00
Custo total Investimento Inicial	R\$0,00	R\$34.090,00
Média em horas do funcionamento diário	24	12,9
Vida útil das lâmpadas em horas	6000	40000
Vida útil das lâmpadas em anos	0,69	8,61
Custo unitário das trocas das lâmpadas mais custos das lâmpadas	R\$59,00	R\$62,00
Custos nas trocas de lâmpadas do sistema atual, perante ao tempo de vida útil das lâmpadas do novo sistema	R\$36.589,15	R\$0,00
Custos por ano nas trocas de lâmpadas do sistema atual, perante ao tempo de vida útil das lâmpadas do novo sistema	R\$4.249,61	R\$0,00
Ganho anual com a eficiência energética do novo sistema	R\$0,00	R\$7.436,80
Ganho anual total	R\$11.712,16	
Retorno em anos do montante aplicado	2,91	
Custos na primeira troca das lâmpadas do novo projeto	R\$20.508,00	
	1,76	

Tabela 1 – Dados Financeiros

Nota-se que o novo projeto além de ter disponibilizado mais iluminamento e eficiência energética, também é viável financeiramente, pois o montante inicial aplicado retorna com menos de 3 anos de operação do novo projeto, e que após a primeira troca das novas luminárias, que só ocorrem após quase 9 anos de operação, este retorno também ocorre, só que com menos de 2 anos de operação.

CONCLUSÕES

O estudo sobre o sistema de iluminação atual da Usina Hidrelétrica Passo Fundo, buscou primeiramente conhecer as particularidades de cada piso. Identificou as características físicas e da infraestrutura das instalações luminotécnicas atuais dos pisos 2S e 4S.

Foi possível observar visualmente, além de comprovar por meio de simulações, que existe uma má distribuição das luminárias, além de ter lâmpadas de baixa eficiência luminosa e energética. A partir destas constatações foram desenvolvidas simulações de um novo projeto de iluminação para os pisos estudados.

Os resultados das simulações realizadas no sistema de iluminação atual da UHPF comparadas as simulações do novo projeto, mostraram que o novo projeto é mais eficiente tanto do ponto de vista de iluminância, pois apresenta valores superiores a 200 Lux, que é o valor de iluminância mínima mantida que a norma sugere, quanto de eficiência energética, pois apresenta valor superior a 60% de economia de energia.

O novo projeto é viável, pois quase 3 anos após sua instalação o retorno financeiro acontece, e depois de sua primeira substituição de lâmpadas que ocorre com quase 9 anos de operação, o retorno ocorre com menos de 2 anos de operação.

Conclui-se, portanto, após os estudos e simulações efetuadas, que a tecnologia LED apresenta características atraentes, como maior vida útil, maior eficiência energética e retorno financeiro, além do mais, uma iluminação industrial com alta eficiência tanto de energia quanto de iluminamento, melhora consideravelmente o ambiente de trabalho e também minimiza os riscos de acidentes durante as atividades realizadas pelos trabalhadores.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho, Parte 1: Interior. **Abnt**, p. 54, 2013.

BARROS, B. de; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. **Eficiência Energética - Técnicas de Aproveitamento, Gestão de Recursos e Fundamentos**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015. 152 p.

BRANDÃO, R. F. M. Eficiência energética na iluminação pública. **Instituto Superior de Engenharia do Porto**, p. 13, 2013.

DIAL. **Lighting design software DIALux**. 2018. Disponível em: <<https://www.dial.de/en/dialux/>>.

FILHO, J. M. **Instalações elétricas industriais : de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

RAMINHOS, F. M. M.; VALDEZ, M. M. T.; FERREIRA, C. M. Estudo de Viabilidade Económica e Energética de Iluminação Eficiente com Tecnologia Led. **COPEC XIII International Conference on Enginheering and Technology Education**, Guimarães, p. 354-358, 2014.



Área: Automação Industrial

Área Temática: Automação na Fabricação de Concreto
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE E GESTÃO
APLICADO À USINAS DE CONCRETO

Aluno: Guilherme Gounski

Orientador: Adilson Luis Stankiewicz



INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e simulação de um sistema para o controle de dosagem dos materiais que compõe o concreto, além da gestão de alguns dos principais ativos presentes em uma usina de concreto. De forma geral, este trabalho trata da união do chão de fábrica com o administrativo/operacional de uma usina de concreto, utilizando um CLP (Controlador Lógico Programável) que se comunica com uma interface gráfica constituída de formulários para gestão dos ativos da empresa e, um sistema supervisório para controle dos elementos físicos da usina. A interface foi construída em C# utilizando o *software* Blend para Visual Studio. Faz-se oportuno o desenvolvimento deste projeto para permitir a produção de concreto com maior qualidade, rapidez e em grandes quantidades, além de conseguir alcançar maior racionamento de insumos e redução do número de trabalhadores em obra que estariam produzindo o concreto de forma manual.

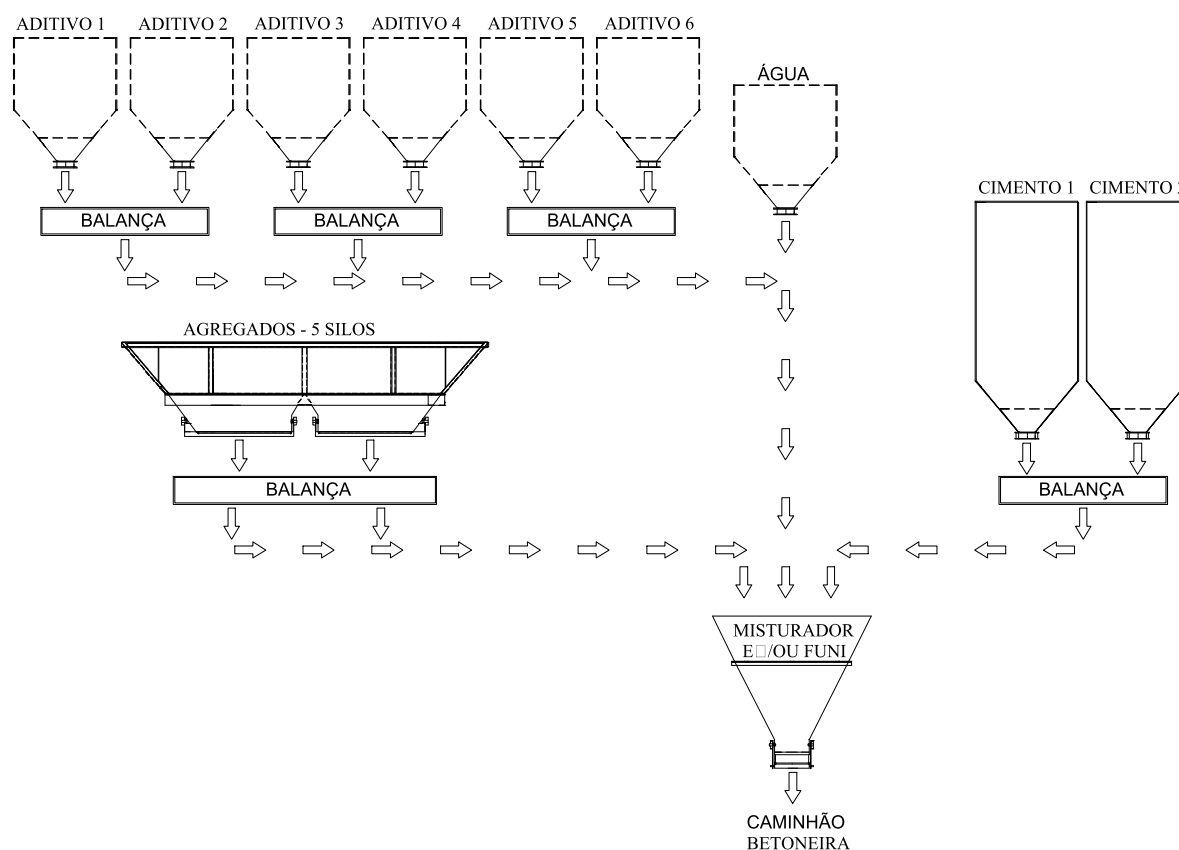


Figura 1 - Fluxograma do sistema proposto.

A Figura 1 ilustra o fluxograma do sistema proposto. De forma geral, o sistema é composto por balanças, silos de materiais do tipo: aditivos, agregados, cimentos e água. Os materiais são pesados, em seguida descarregados e misturados.

Em cada balança existe um conjunto de células de carga que convertem sua deformação mecânica em variação de resistência elétrica. Através do uso de um *display* indicador de peso, que contém um amplificador e condicionador de sinal, a variação de resistência é convertida em uma informação útil, ou seja, peso. Com o uso de uma rede de comunicação ModBus-RTU o CLP consulta o valor do peso contido em cada balança nos *displays* indicadores.

Com a configuração da Figura 1 será possível a fabricação de concretos com as mais variadas características, apenas variando os materiais e suas quantidades. Normalmente as quantidades e os tipos de cada material vêm descritos em uma receita ou fórmula gerada pelo laboratório da empresa.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o controle dos elementos de acionamentos da planta de dosagem (motores, válvulas, etc) foi adotado o CLP da família Siemens, modelo S7-1200. A CPU (Unidade Central de Processamento) escolhida foi a CPU 1214C. Foram adicionados módulos de expansão de saídas digitais e de comunicação no protocolo ModBus-RTU. A Figura 2 mostra a composição do *rack* para o CLP citado.

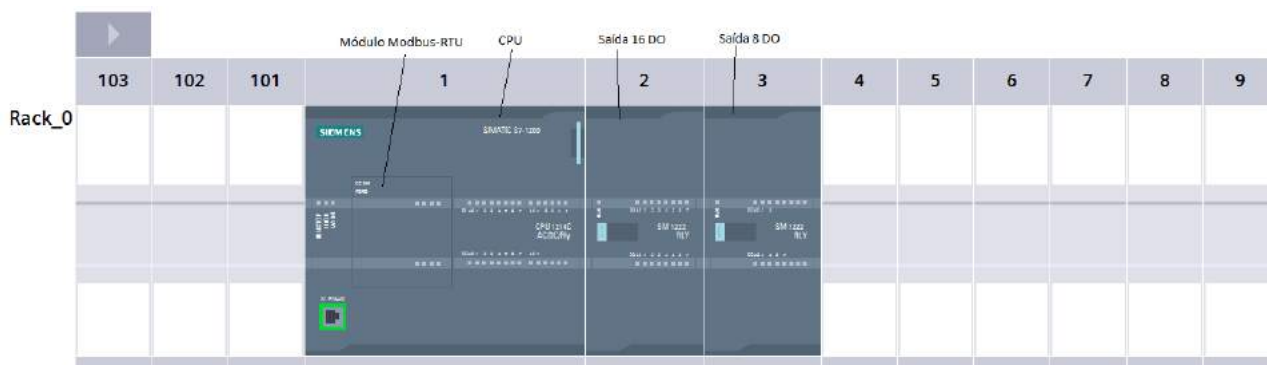


Figura 2 - Composição do rack para o CLP utilizado.

A programação do CLP foi realizada no ambiente STEP 7 ou TIA PORTAL da própria Siemens. O STEP 7 é uma plataforma de engenharia com uma ampla gama de funcionalidades para fábrica digital e indústria 4.0 (PRUDENTE, 2014).

O sistema supervisor, juntamente com os formulários para gestão dos ativos da empresa foram elaborados em C# utilizando o *software* Blend para Visual Studio. O *software* permite criar aplicativos tanto *web* como Windows baseados em XAML (*eXtensible Application Markup Language*). A ferramenta fornece recursos para criação de tarefas avançadas, como animações e comportamentos. Blend para Visual Studio é um componente Visual Studio, ou seja, o Blend vem instalado juntamente com o Visual Studio. (MICROSOFT, 2018c).

Para registro das informações da usina, como por exemplo: clientes, materiais, dados da produção, foi utilizado o banco de dados SQL Server Compact. Esta edição é gratuita, simples, poderosa, porém limitada. Os dados em um banco de dados SQL Server CE são armazenados em um arquivo com a extensão *.sdf*. Através da linguagem SQL (*Structured Query Language*) é possível realizar consultas, inserções de dados, exclusão, modificações, etc. (MICROSOFT, 2018a).

Para confecção de relatórios dos mais variados tipos, como por exemplo, informações de produção, clientes, materiais, pedidos, fórmulas, foi utilizado a ferramenta ReportViewer. Esta é da própria Microsoft, gratuita e integrada ao Visual Studio, que serve tanto para aplicações *web* quanto *desktop*.

Para a troca de dados entre a interface gráfica e o CLP, foi utilizado um *driver* de comunicação denominado S7.Net. Este é inteiramente escrito em C# e funciona exclusivamente com as famílias de controladores Siemens: S7-200, S7-300, S7-400, S7-1200 e S7-1500. (JUERGEN, 2018).

S7.Net é *open source* e funciona somente com conexão *Ethernet*. Para conectar/desconectar ao CLP, este *driver* usa *sockets* e o paradigma cliente/servidor. *Socket* é que um canal de comunicação para troca de dados entre uma aplicação e outra, podendo ser esta remota ou local.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para que se possa fabricar concretos com dosagens mais próximas as contidas na fórmula de fabricação, o Quadro 1 e 2 listam um conjunto de parâmetros que podem ser ajustados em tempo real de fabricação, permitindo a dosagem mais precisa dos materiais e com características desejadas.

Os parâmetros elaborados foram baseados nas particularidades mecânicas do sistema de dosagem, além das características dos atuadores presentes na planta. Considerou-se ainda a velocidade de consulta do CLP aos *displays* e informações que estarão contidas na receita de fabricação do concreto. O Quadro 1 traz a relação dos parâmetros elaborados para o controle de carga dos materiais até as balanças. O uso correto destes parâmetros, permite ao operador alcançar a dosagem mais aproximada do valor contido na receita do concreto que se deseja fabricar. Com a utilização destes parâmetros, será possível mitigar até fatores naturais, como é o caso do vento que faz com que as balanças oscilem. Efeitos devido as características não homogêneas dos materiais que serão pesados também podem ser amenizadas.

Quadro 1 - Relação dos parâmetros para a carga dos materiais até as balanças.

Item	Descrição	Faixa de Valores	Unidade	Silos Aplicáveis
01	Tolerância Dosagem	0-9	%	Todos
02	Tempo Abertura	0-5	Segundos	Todos exceto Cimentos
03	Tempo Fechamento	0-5	Segundos	Todos exceto Cimentos
04	Antecipação Fino	0-1200	Kg	Todos
05	Antecipação Grosso	0-1200	Kg	Todos
06	Retardo Carga	0-180	Segundos	Todos
07	Microajuste	0-40	%	Todos
08	Prioridade na Carga	1-X	-	Todos exceto Água
09	Tempo Estabilidade	0-30	Segundos	Todos exceto Água

Com o uso dos parâmetros ilustrados no Quadro 2, será possível controlar a quantidade de material descarregada, bem como limitar esta para um valor máximo, fazendo com que a entrada da mistura não sobrecarregue. Com estes parâmetros será possível o controle de quais os materiais que devem chegar primeiramente para a mistura, além de fatores de segurança, como é o caso do parâmetro “Fundo de Escala”, o qual armazena a capacidade máxima de cada balança que o sistema leva em consideração no cálculo do volume por ciclo de fabricação.

Quadro 2 - Relação dos parâmetros para descarga dos materiais das balanças.

Item	Descrição	Faixa de Valores	Unidade	Balanças Aplicáveis
01	Fundo de Escala	0-50000	Kg	Todas
02	Tolerância de Zero	0-100	Kg	Todas
03	Modo Descarga	Pulsantes/Contínuo	-	Todas exceto Cimentos
04	Tempo Abertura	0-5	Segundos	Todas exceto Cimentos
05	Tempo Fechamento	0-5	Segundos	Todas exceto Cimentos
06	Retardo Início	0-300	Segundos	Todas
07	Retardo de Fim	0-300	Segundos	Todas
08	Tempo Vibrador	0-10	Segundos	Agregados e Cimentos
09	Fluxo Máximo	0-1000	Kg/segundo	Todas exceto Cimentos
10	Prioridade	1-3	-	Apenas Aditivos

A programação do CLP seguiu as etapas descritas no fluxograma da Figura 3. A fabricação de um determinado concreto se inicia com o operador escolhendo uma fórmula via interface gráfica e, enviando os dados desta para a memória do CLP. Após esta etapa o sistema executa uma verificação das condições de início de ciclo e posterior fabricação do concreto.

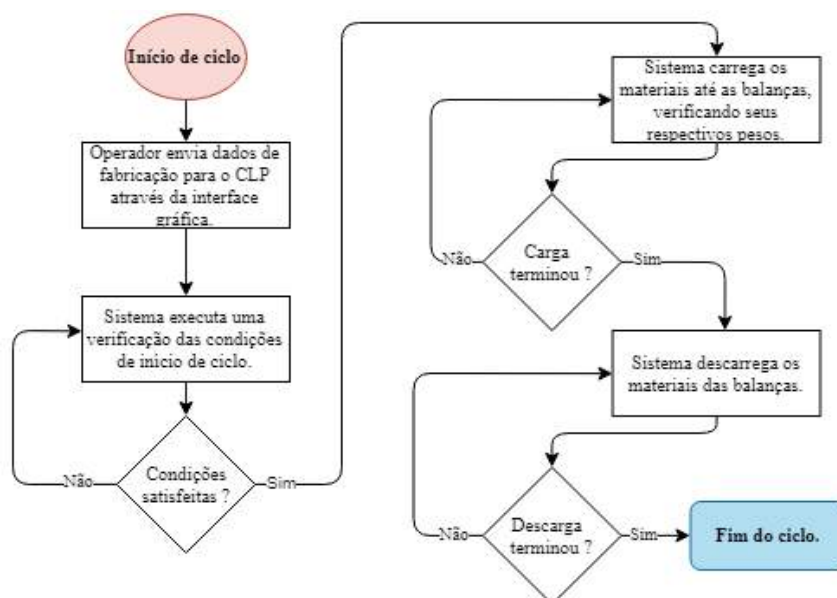


Figura 3 - Fluxograma básico de fabricação de um determinado concreto.

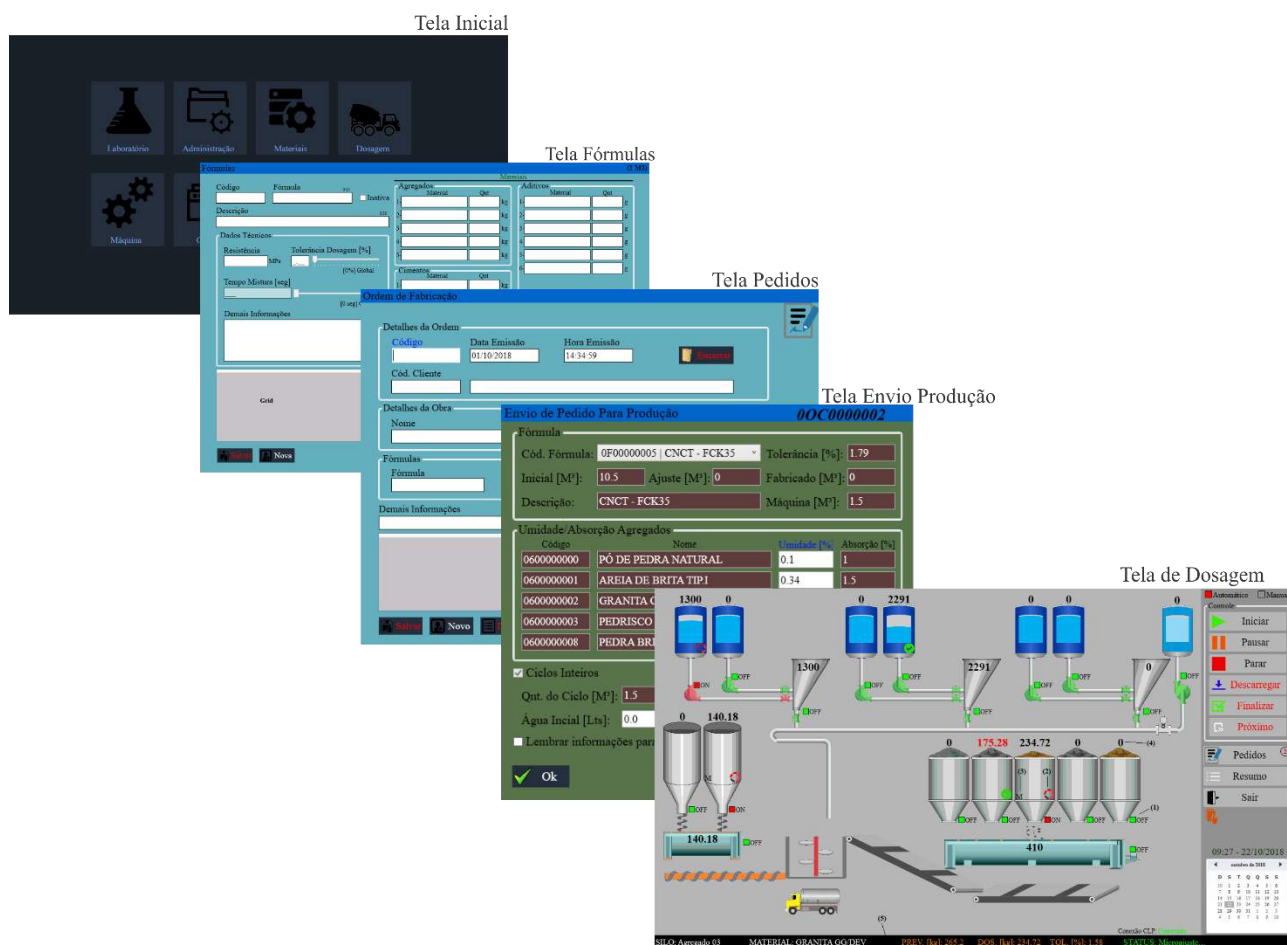


Figura 4 - Alguns dos formulários da interface gráfica.

EMPRESA S.A.

27/10/2018 14:10:49

RELATÓRIO DE FABRICAÇÃO

Dados do Cliente

Cliente: GUILHERME GOUNSKI Obra: REFORMA ASFALTO XXX Local Obra: INTERIOR DE CENTENÁRIO - RS

Dados do Concreto

Fórmula: CNCT - FCK35 Descrição: CONCRETO FCK-35 Resistência [MPa]: 35
Volume [M³]: 1.5 Data/Hora de Fabricação: 27/10/2018 14:01:57

Dados de Envio

Placa Caminhão: IVB-1223 Capacidade Caminhão [M³]: 2.3 Motorista: ALFREDO GUIMARÃES Lacre: 4444002

Dados de Pesagem

Materiais - Agregados

Nome	Previsto [kg]	Dosado [kg]	Tolerância [%]	Umidade [%]	Absorção [%]
PÓ DE PEDRA NATURAL	225.22	226.217	1.79	0.1	1
AREIA DE BRITA TIP.I	165.56	159.455	1.79	0.34	1.5
GRANITA GG/DEV	173.85	173.178	1.79	0.78	2.2
PEDRISCO BB/90	181.98	180.497	1.79	1.1	0.45
PEDRA BRITA 5/8	120.36	120.783	1.79	0.3	1.88

Materiais - Cimentos

Nome	Previsto [kg]	Dosado [kg]	Tolerância [%]
CIMENTO PORTLAND	127.5	126.858	1.79
CIMENTO NATURAL SS	105	104.486	1.79

Materiais - Aditivos

Nome	Previsto [kg]	Dosado [kg]	Tolerância [%]
ADIT. PLASTIFICANTE	1500	1497	1.79
RETARDANTE DE PEGA	1200	1153	1.79
ACELERADOR DE PEGA	2250	2252	1.79
RETARDADOR DE PEGA 1	1425	1418	1.79
ADT RETARDADOR PR/SE	1650	1648	1.79
RETARDADOR 33/23	750	752	1.79

Materiais - Água

Nome	Previsto [Lts]	Dosado [Lts]	Tolerância [%]
AGUA NATURAL	232.17	231	1.79

Responsável pela Fabricação

Nome: Carlos Al.

Usuário: Carlos Al.

Página 1 de 1

Figura 5 - Modelo de um relatório de fabricação.

A Figura 4 ilustra alguns dos formulários elaborados na interface gráfica. Os resultados obtidos por meio de simulação da interface foram satisfatórios. Constatou-se que será possível realizar a gestão

dos ativos de forma segura e correta, a fabricação de concretos de várias características, além da emissão de vários tipos de relatórios que mostram ao cliente como o seu concreto foi fabricado. Esta ferramenta é segura, o que não permite a manipulação de dosagens ou outras informações que possam vir a comprometer o cliente. Um exemplo de relatório de fabricação está ilustrado na Figura 5.

Para permitir a simulação integrada da interface gráfica com o CLP, foi necessário a utilização da ferramenta NetToPLCSim. Esta permite o acesso a simulação do PLCSim (ferramenta constituinte do STEP 7) através da interface de rede do computador que possui a simulação. Para este caso, a simulação trata-se da interface gráfica.

Com a interface gráfica conectada ao CLP e, simulando uma típica fabricação de concreto, constatou-se a possibilidade de alterar qualquer um dos parâmetros em tempo real de fabricação, o que torna o controle de dosagem mais eficiente.

Para realizar a simulação foi necessário a imposição das variáveis do programa do CLP. Como exemplo de variáveis são: parâmetros descritos nos Quadros 1 e 2; valores contidos na receita elaborados pelo departamento de laboratório (peso de cada material, etc.); peso que supostamente estaria na balança, etc. Estas variáveis são áreas de memória com um determinado endereço.

CONCLUSÕES

Este trabalho propôs a definição de um conjunto de parâmetros para ajustes na dosagem, a criação de uma interface gráfica que contempla as áreas de gestão dos ativos de uma usina de concreto e a supervisão do processo de dosagem, além da elaboração do programa para o CLP S7-1200 Siemens. De forma geral, com os resultados da simulação, observou-se que será possível alcançar várias características de dosagens utilizando-se dos parâmetros elaborados.

Quanto a interface gráfica, como diferencial, o *software* elaborado trouxe uma interface moderna, rica em cores e dotada de fácil interação para os usuários. Estes fatores são um diferencial em relação aos *softwares* comerciais, destinados a concreteiras, consultados. Dotada de seus vários formulários com várias funcionalidades, com este *software* será possível, para uma empresa que fabrica concreto, realizar praticamente todas as rotinas do dia a dia deste ramo.

Em geral, os resultados demonstraram a possibilidade de implementar este projeto, porém, os resultados satisfatórios obtidos são virtualizados, visto que na prática algumas características deste projeto podem vir a mudar. Por fim, pode-se concluir que esta proposta atingiu aos resultados esperados.

REFERÊNCIAS

PRUDENTE, F. **PLC S7-1200 Teorias e Aplicações**. 1th. ed. [S.l.]: LTC, 2014.

MICROSOFT. **Documentação do Visual Studio**. 2018c. Documentation. Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/pt-br/visualstudio/?view=vs-2017>>. Acesso em: 30-09-2018.

MICROSOFT. **Conceitos do SQL Server Compact**. 2018a. Documentation. Disponível em: <[https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/ms173037\(v=sql.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/ms173037(v=sql.110).aspx)>. Acesso em: 30-09-2018.

JUERGEN. **S7.Net Documentation**. 2018. Continuation Project by Juergen 1969. Disponível em: <<https://github.com/S7NetPlus/s7netplus>>. Acesso em: 30-09-2018.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5th. ed. [S.l.]: Bookman, 2016.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2th. ed. [S.l.]: Bookman, 2013.



Linha de Pesquisa: Controle Digital
Área Temática: Sistemas de Controle
CONTROLE DIGITAL DE UM MOTOR BRUSHLESS DC
APLICADO A SISTEMAS DE TRAÇÃO
Aluno: Izair Antonio Bessegato Júnior
Orientador: Cássio Luciano Baratieri

INTRODUÇÃO

Atualmente, com a crescente preocupação em reduzir as emissões de carbono na atmosfera, veículos movidos a tração elétrica vêm sendo apontados como uma alternativa mais ecológica (KUMAR; JAIN, 2014). Diante disso, países como China, Estados Unidos e Japão passaram a aumentar investimentos na produção de veículos elétricos. Essa tendência é evidente em um estudo realizado pela revista eletrônica Exame, em que afirma que a China lidera na produção global de veículos elétricos, correspondendo a 50% da produção mundial em 2017, e as vendas globais devem alcançar 13 milhões de unidades por ano com uma taxa de crescimento anual composta de 35% até 2025 (BARBOSA, 2018).

Em veículos elétricos, um dos componentes mais importantes são os motores. Neste contexto, atualmente, motores elétricos de ímãs permanentes, especificamente os motores *Brushless DC* (BLDC), estão sendo muito utilizados em sistemas de tração elétrica, tornando-se muito populares em diversas áreas, como industrial, residencial e doméstica (USMAN; JOSHI; RAJPUROHIT, 2016).

De modo geral, motores BLDC, em comparação com outros tipos de motores, são caracterizados por possuir elevada robustez, construção mais simples, maior eficiência, maior confiabilidade e uma maior densidade de potência com um maior torque em relação ao tamanho do motor, além de exigir menos manutenção (SHEIKH; MANWARE, 2016; USMAN; JOSHI; RAJPUROHIT, 2016). Por estes motivos, motores BLDC são utilizados em espaçonaves, veículos elétricos, bombas de água, elevadores e outras aplicações.

Motores BLDC, diferentemente de outros tipos de motores que possuem comutadores, requerem uma técnica de partida adequada que reduz as altas correntes estatóricas, evitando a desmagnetização dos ímãs permanentes e a redução de sua eficiência operacional (BARATIERI, 2011). Desse modo é imprescindível utilizar um sistema de controle apropriado, e nisso destaca-se o controle digital, por possuir maior exatidão, flexibilidade, confiabilidade e menor custo (MONZANI, 2010).

Neste contexto, este trabalho trata do controle digital de um motor BLDC aplicado a sistemas de tração, visando identificar e desenvolver os elementos essenciais ao acionamento elétrico e controle de velocidade.

METODOLOGIA

Neste trabalho foi aplicado o método de acionamento e controle do motor ilustrado na Figura 1. O método consiste em acionar o motor por meio de um inversor trifásico controlado digitalmente. A correta comutação das fases do motor é realizada com base na posição do rotor, proveniente de sensores de efeito Hall ou técnica *sensorless*. Além disso, o controle de velocidade é realizado por intermédio da modulação por largura de pulso (PWM) e controlador PI projetado em tempo discreto

por meio do *software* MATLAB®. Neste contexto, o sistema de acionamento e controle permite rastrear uma velocidade de rotação de referência e controlar a velocidade do motor com base na variação da tensão média em cada fase do motor.

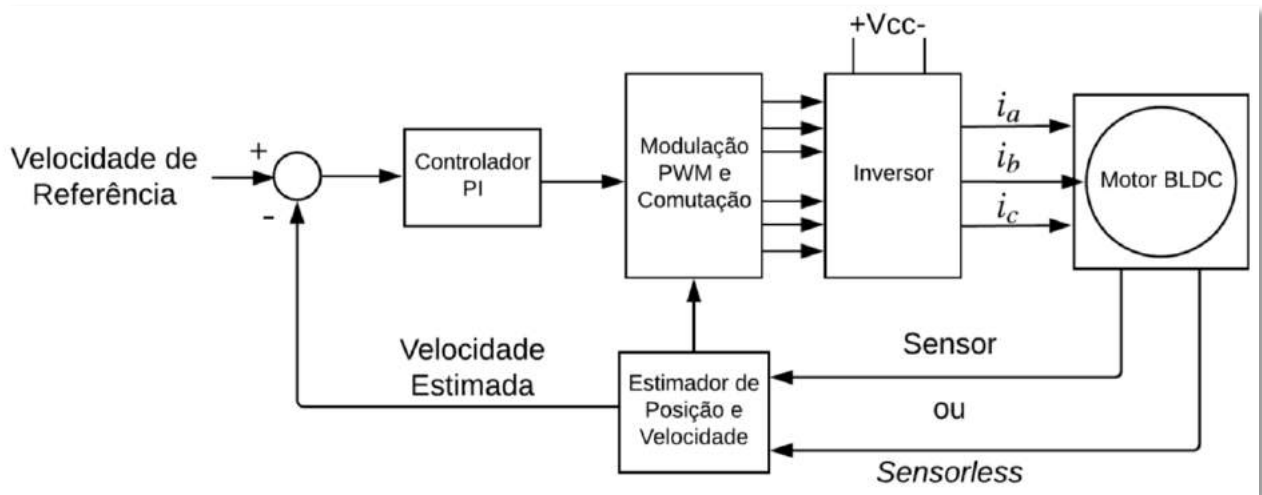


Figura 1 – Representação do sistema de controle aplicado ao motor BLDC

Logo, com o objetivo de realizar o controle de velocidade do motor BLDC, foi obtido o modelo do motor BLDC (Fig. 2) e projetado o controlador. A seguir, efetuou-se o acionamento e controle de velocidade do motor com sensor e *sensorless*. Após realizou-se a validação computacional de ambas as técnicas de acionamento por meio de simulações no *software* PSIM® e a validação experimental da técnica com sensores por meio de uma plataforma experimental.

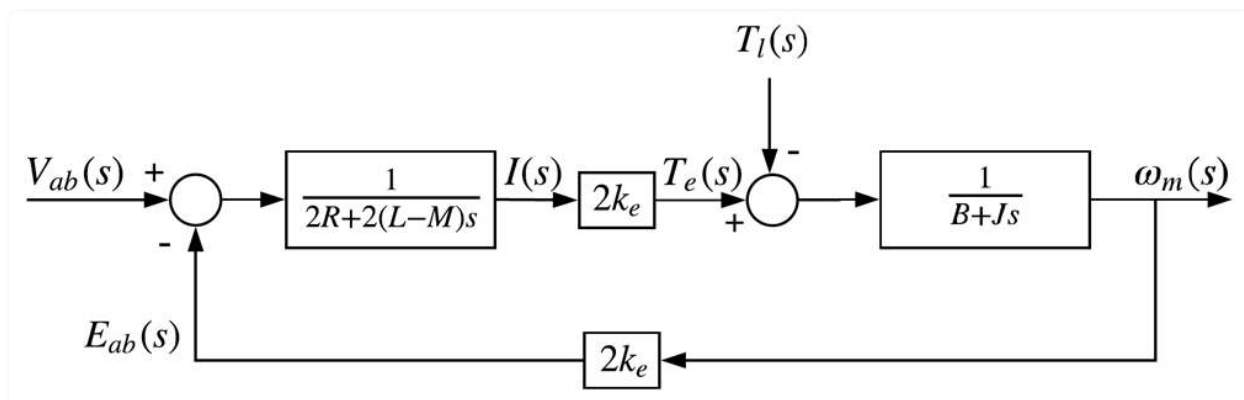


Figura 2 – Representação do sistema de controle aplicado ao motor BLDC

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após efetuada a modelagem e projeto do controlador de velocidade, realizou-se a simulação do sistema de controle onde foi avaliado a capacidade de rastreamento de referência para as técnicas de acionamento com sensor de posição e *sensorless*.

As Figuras 3 e 4 mostram os resultados das simulações realizadas no *software* PSIM® para diferentes degraus de velocidade de referência.

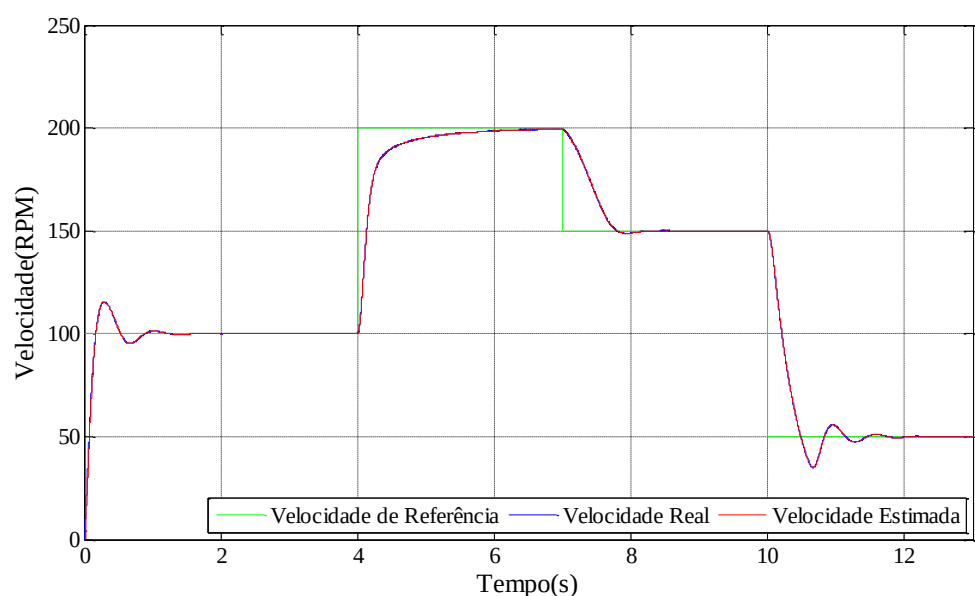


Figura 3 - Rastreamento de referência em diferentes velocidades para técnica de acionamento com sensores.

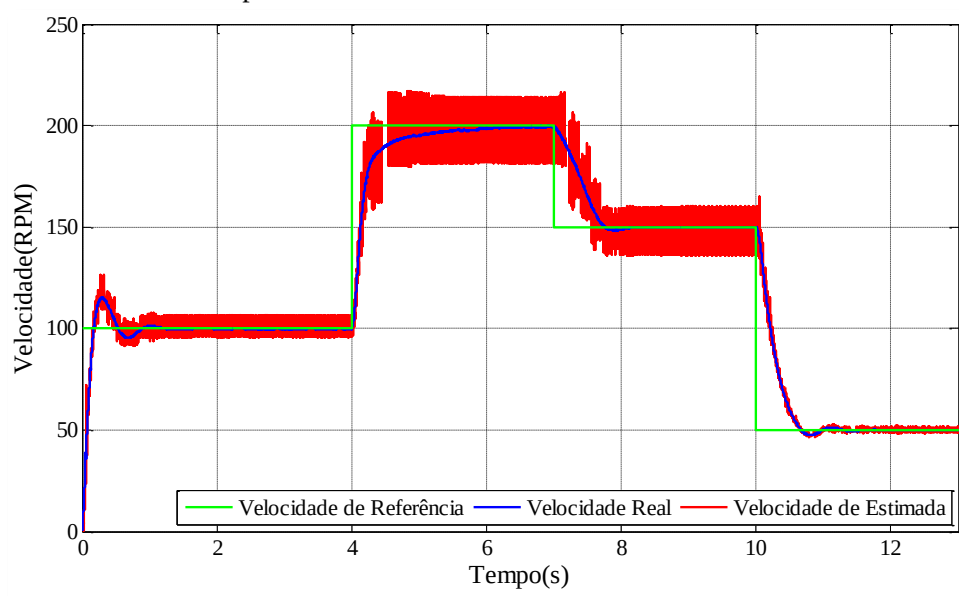


Figura 4 – Rastreamento de referência em diferentes velocidades para técnica de acionamento *sensorless*.

A partir das Figuras 3 e 4 verifica-se um adequado rastreamento de referência em ambas as técnicas de acionamento, havendo pequenos *overshoots* em velocidades mais baixas mesmo com variações bruscas na velocidade de referência. Verifica-se ainda que mesmo havendo grandes oscilações na velocidade estimada da técnica de acionamento *sensorless* o sistema de controle é capaz de realizar um rastreamento de referência adequado comprovando a efetividade do sistema de controle em ambas as técnicas.

A seguir foi realizada a implementação do sistema de controle e acionamento com sensor em uma bancada experimental (Fig. 5), onde foi avaliada a capacidade de rastreamento de velocidade em diferentes velocidades de referência com a aplicação de carga no eixo do motor.

A Fig. 6 evidencia a capacidade de rastreamento com a inserção de cargas em diferentes velocidades.



Figura 5 – Plataforma experimental utilizada.

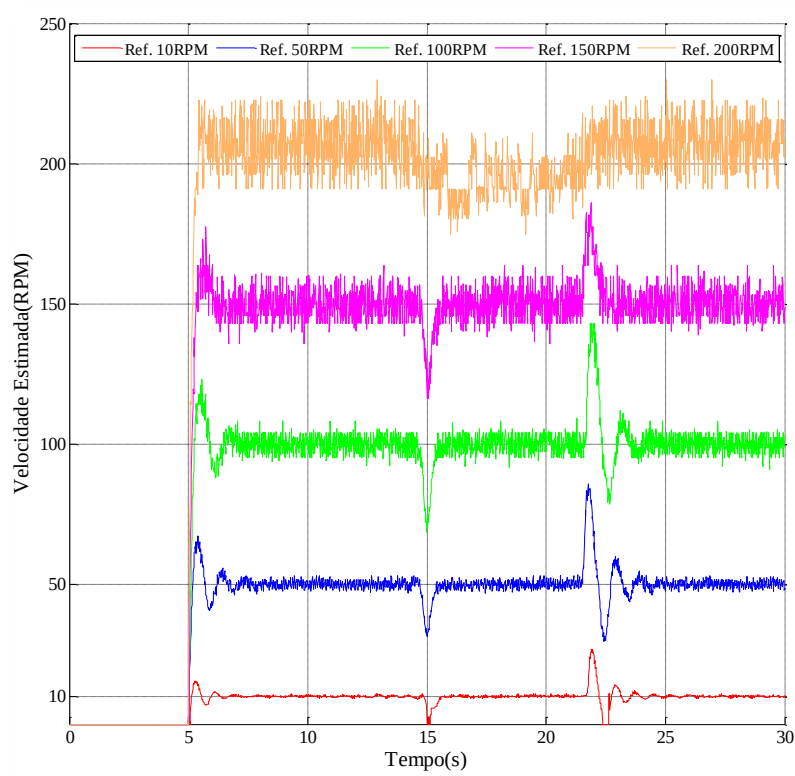


Figura 6 – Rastreamento de referência experimental em diferentes velocidades.

A partir da Figura 6 observa-se um adequado rastreamento de velocidade, nas velocidades de referência de 10, 50, 100, e 150 RPM verifica-se que durante a inserção da carga há uma queda na velocidade e que após um curto período de tempo controlador atua de forma a reestabilizar a velocidade, a seguir então é removida a carga havendo uma aceleração do motor, mas que logo após estabiliza, com um erro de rastreamento em regime permanente inferior a 1,75 %. A aceleração se deve a condição de saturação do controlador e ao atraso da velocidade estimada que provoca uma aceleração momentânea do motor. Já na velocidade de 200 RPM verifica-se que há um afundamento na velocidade estimada, isto se deve a capacidade de fornecimento de corrente da fonte de

alimentação adotada, que possui um limite de fornecimento de 32V e 3A, fazendo com que o controlador sature e a velocidade reduza.

CONCLUSÕES

Este trabalho abordou um método de controle digital de velocidade para motores BLDC. Para realizar o controle foi utilizado um controlador PI projetado em tempo discreto por meio do *software* MATLAB®, onde foram adotados parâmetros que garantem uma característica mais lenta ao controlador, com o objetivo de evitar *overshoots* e garantir a estabilidade do sistema.

O *software* PSIM®, foi utilizado para realizar simulações e apresentar os resultados obtidos, o qual foi de grande importância para o projeto do sistema de controle, uma vez que durante o processo foi possível identificar e corrigir erros de modelagem, permitindo projetar um controlador adequado.

Os resultados obtidos por meio de simulação e da aplicação do controle digital apresentaram um adequado rastreamento de referência com erro inferior a 1,75% em regime permanente, tanto no acionamento com sensor, quanto no acionamento *sensorless*.

Por outro lado, os resultados experimentais comprovam a eficácia do sistema de controle com sensor possibilitando a aplicação em sistemas de tração elétrica.

REFERÊNCIAS

BARATIERI, C. L. **Controle de velocidade sensorless de motores brushless DC submetidos a variações periódicas de carga**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

BARBOSA, V. **Estudo prevê crescimento de 35% ao ano para veículos elétricos até 2025**. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/economia/estudo-preve-crescimento-de-35-ao-ano-para-veiculos-eletricos-ate-2025>>. Acesso em: 22 jul. 2018.

KUMAR, L.; JAIN, S. Electric propulsion system for electric vehicular technology: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 29, n. C, p. 924–940, 2014.

MONZANI, R. C. **Controladores Analógicos e Digitais Uma Análise Comparativa** Londrina Universidade Estadual de Londrina, , 2010.

SHEIKH, M. B.; MANWARE, P. S. Brushless DC Motor Design for Electric Traction System. **Journal for Research**, v. 02, n. 04, p. 18–22, 2016.

USMAN, A.; JOSHI, B. M.; RAJPUROHIT, B. S. **A review of modeling, analysis and control methods of Brushless DCMotors**. 2016 International Conference on Computation of Power, Energy Information and Commuincation (ICCPEIC). **Anais.2016**



Área/Linha de Pesquisa: Filtragem não-linear
Área do Conhecimento ou Área Temática: Engenharia Elétrica
ESTIMAÇÃO DE ESTADOS E PARÂMETROS DE GERADORES
SÍNCRONOS APLICANDO FILTRAGEM NÃO-LINEAR
Aluno: José Mario Vicensi Grzybowski
Orientador: Prof. Dr. Eng. Cassio Luciano Baratieri



INTRODUÇÃO

No contexto de identificação de parâmetros e estados de sistemas dinâmicos, um dos resultados mais celebrados da literatura é o Filtro de Kalman (KF, do inglês, Kalman Filter). O Filtro de Kalman é um filtro recursivo utilizado para obter estimativas dos valores reais dos estados de um sistema dinâmico linear discretizado, tendo como base leituras ruidosas. Nessas 16 condições, a formulação da teoria subjacente assegura que o KF é um filtro linear ótimo, no sentido de que a estimativa fornecida pelo filtro minimiza a covariância dos estados (ASTROM, 1970).

Com a concepção da Unscented Transform (UT) ou transformada ‘sem cheiro’, uma transformada que realiza a propagação da média e covariância de uma distribuição através de uma transformação não-linear (JULIER; UHLMANN, 2004), surgiu a proposta de uma nova variação do KF baseado na UT, denominada Filtro de Kalman Unscented (UKF) ou Filtro de Kalman ‘sem cheiro’. Desde então, a metodologia do UKF tem sido aplicada a problemas de estimação de estados e parâmetros em diversos contextos, incluindo estudos relacionados à estimação de parâmetros de máquinas elétricas (GALLEHDARI; DEGHANI; NIKRAVESH, 2014; GHAHREMANI; KAMWA, 2011; HUANG; LI; YAN, 2010).

Neste projeto propõe-se a aplicação do Filtro de Kalman Unscented (UKF - *Unscented Kalman Filter*) e do Filtro de Kalman Estendido (EKF - *Extended Kalman Filter*) para a estimação de parâmetros de geradores síncronos, considerando as abordagens teórica, numérica e experimental. O objetivo geral é avaliar o desempenho, vantagens e limitações do UKF para a estimação de parâmetros e estados de geradores elétricos síncronos através de simulações computacionais e experimentos. Como procedimentos metodológicos para a execução do presente projeto, propõem-se: (i) a revisão da bibliografia disponível acerca do tema; (ii) a implementação computacional de um modelo matemático de geradores síncronos; (iii) implementação computacional de uma formulação do UKF e EKF adequadas para a estimação de estados e parâmetros; (iv) simulações computacionais e avaliação dos filtros quanto ao desempenho na estimação de parâmetros de geradores elétricos (v) coleta de dados em bancada experimental, aplicação do UKF e avaliação quanto ao desempenho na estimação de estados e parâmetros.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para implementação numérica do UKF, as equações do gerador síncrono foram discretizadas utilizando o Método de Euler. A implementação das equações discretizadas do gerador síncrono foi realizada através de uma rotina escrita no software MATLAB. Para validar a implementação, foi utilizado o bloco do gerador síncrono disponível no software PSIM.

Os dados experimentais foram coletados através de dois osciloscópios Tektronix MSO 2014B com 4 canais. Foram coletados dados em 8 canais, correspondendo às tensões de fase, V_a , V_b , V_c , correntes

de fase I_a, I_b, I_c , a corrente de campo do gerador, I_{fd} , e um sinal de pulso para referência de posição angular do rotor, θ_m . Para a coleta simultânea dos sinais, foi projetado e implementado um circuito de disparo, cuja saída foi utilizada como gatilho de disparo dos osciloscópios. Para tal, foi utilizada a configuração de gatilho por entrada auxiliar através de borda de subida. Os geradores síncronos foram conectadas em Y-Y de forma a minimizar a recirculação de correntes de fase e assim possibilitar a geração de sinais de tensão e correntes mais próximas ao padrão senoidal.

Para a coleta dos dados de tensão, foram utilizadas ponteiros de tensão Keysight N2791A. Para a coleta dos dados de corrente, foram utilizadas ponteiros de corrente Tektronix A622. Para a coleta do sinal de pulso de posição angular do rotor foi utilizada uma chave óptica PHCT203 montada em circuito com proteção contra sobrecorrente. Para gerar o sinal de pulso na chave, foi montado sobre o rotor um obstáculo alinhado ao eixo d de uma das bobinas, a qual foi denominada como fase A para efeito da aplicação da transformação abc-dq0, realizada conforme mostra a Fig. 1. O esquema geral de entradas e saídas do filtro é mostrado na Fig. 2.

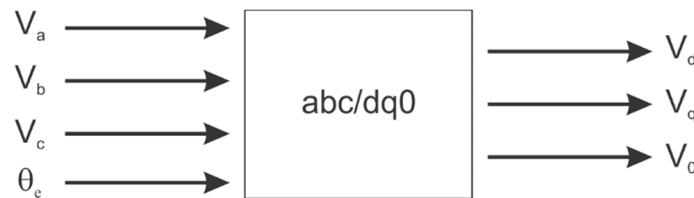


Fig. 1 - Transformação abc/dq0 para os sinais de entrada do filtro UKF (EKF).

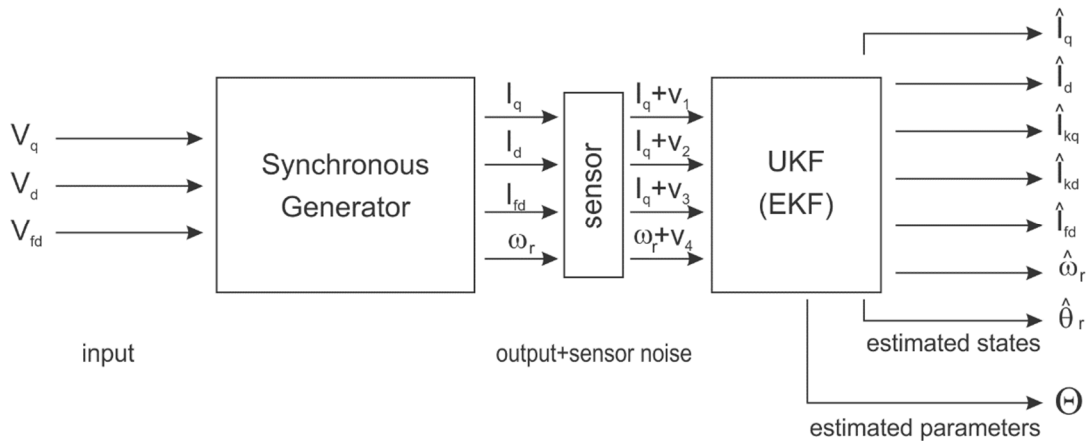


Fig. 2 - Esquema de entradas e saídas do filtro UKF (EKF).

Os sinais de corrente de fase obtidos experimentalmente e os sinais calculados através da aplicação da transformação $abc/dq0$ são mostrados na Fig. 3 para o gerador síncrono operando como motor a vazio. Em ambos os sinais verifica-se a presença de ruídos. No sinal de tensão há também a presença da terceira harmônica, como pode ser confirmado através da aplicação da Transformada Rápida de Fourier (FFT) ao sinal. A bancada experimental é mostrada na Fig. 4.

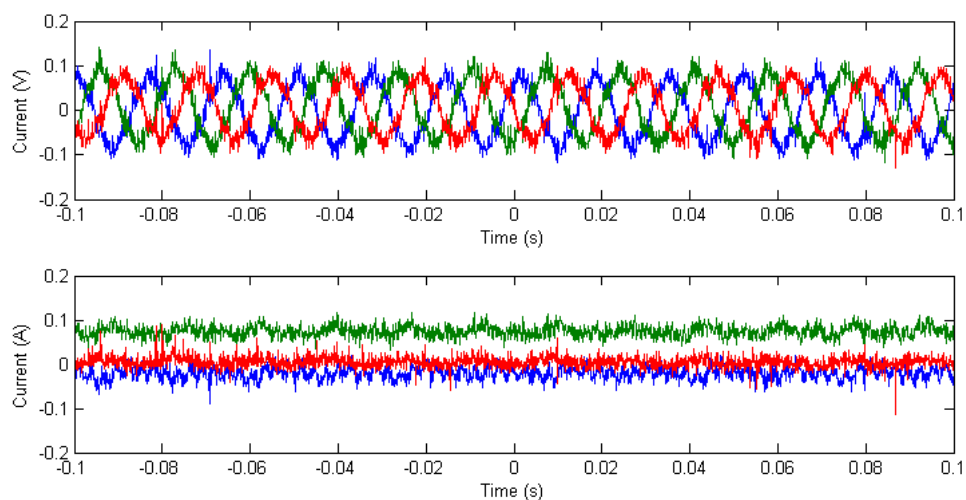


Fig. 3 - Sinais de corrente do gerador síncrono alimentando motor síncrono a vazio.

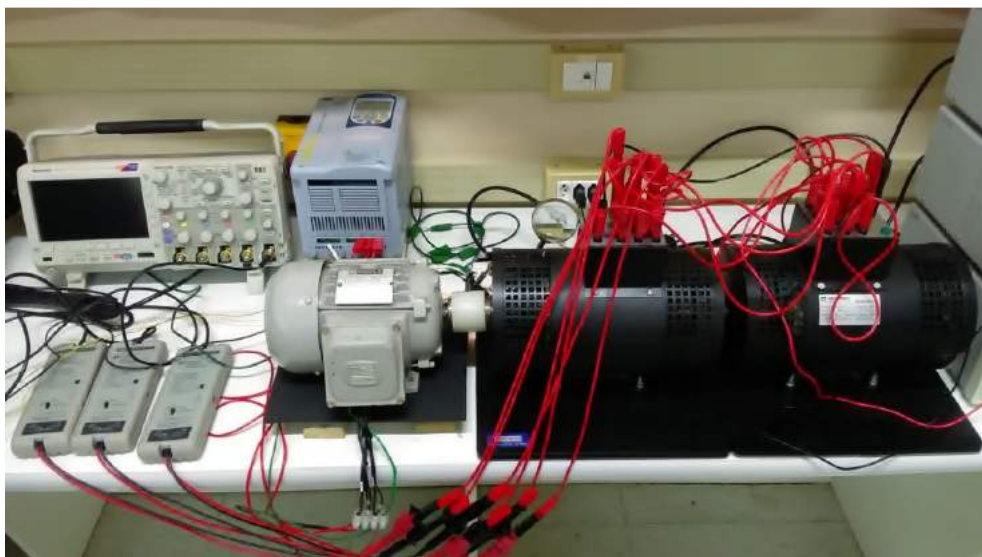


Fig. 4 - Bancada experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para aplicação dos filtros UKF e EKF aos dados experimentais, foi necessário adequar as equações da máquina síncrona às especificidades construtivas da máquina síncrona utilizada nos experimentos. A máquina síncrona Motron, modelo M610-75-B-1K8-GS de 0,5 cv, 1800 rpm, 4 polos, 60 Hz não possui enrolamentos de amortecimento, portanto as equações correspondentes foram suprimidas no modelo. Os parâmetros obtidos nos ensaios experimentais são mostrados na Tabela 1; os valores da indutância de estator ao longo de uma volta completa do rotor são mostradas na Fig. 5.

Tabela 1 - Parâmetros obtidos nos ensaios experimentais.

Parâmetro	R_s [Ω]	R_{fd} [Ω]	L_d [H]	L_q [H]	L_{fd} [H]	L_{ls} [H]
Valor	32,5	358,9	0,803	0,691	2,23	0,12

Os resultados obtidos para a estimação de parâmetros usando o UKF e o EKF são mostrados na Fig. 6 e na Fig. 7, respectivamente, e também na Tabela 2 e na Tabela 3, respectivamente.

Previamente à aplicação da filtragem não-linear para estimação de parâmetros do gerador síncrono, foram realizados testes de bancada para a determinação dos parâmetros através de metodologias tradicionais. As resistências dos enrolamentos de campo e de estator foram obtidas diretamente através de leituras nos respectivos terminais do gerador, utilizando um multímetro digital. As indutâncias dos enrolamentos de campo e de estator foram obtidas a partir da aplicação de uma tensão CC nos enrolamentos e da captura da curva de subida da corrente como resposta à aplicação de um degrau de tensão nos enrolamentos.

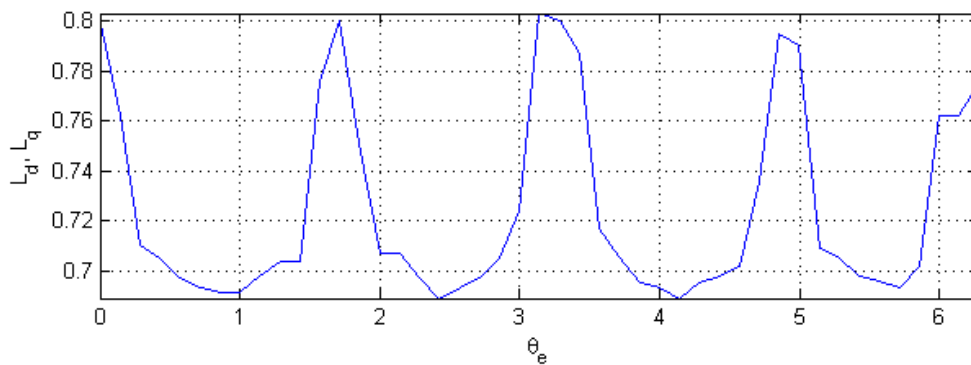


Fig. 5 - Indutâncias de estator ao longo de uma volta do rotor.

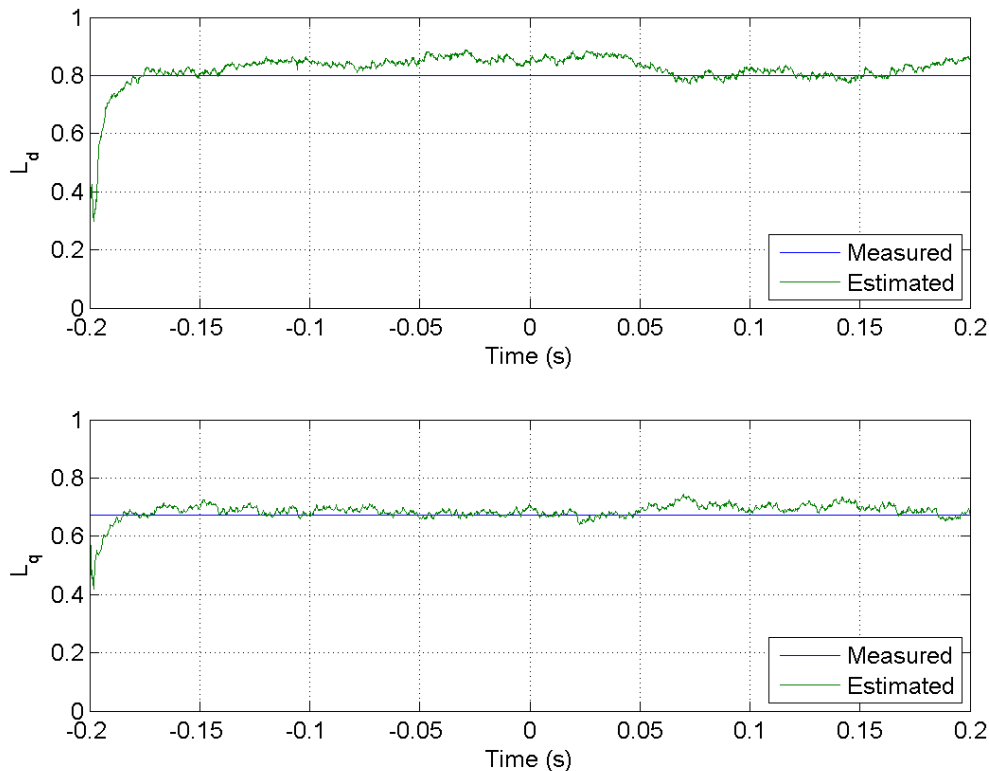


Fig. 6 - Parâmetros estimados pelo UKF a partir de leituras ruidosas.

Não foram observadas diferenças significativas de desempenho entre os filtros no que diz respeito ao nível de erro e covariância dos estados estimados. Ambas as metodologias apresentaram resultados satisfatórios na estimação de estados e parâmetros. No que diz respeito à convergência, a metodologia UKF mostrou-se mais adaptada ao problema de estimação de estados e parâmetros do gerador síncrono, tendo em vista que o EKF apresentou comportamento divergente em um número elevado de realizações

Tabela 2 - Parâmetros medidos vs. parâmetros estimados através do UKF.

Parâmetro	$L_d [H]$	$L_q [H]$
Valor medido	0,803	0,691
Valor estimado	0,816	0,713

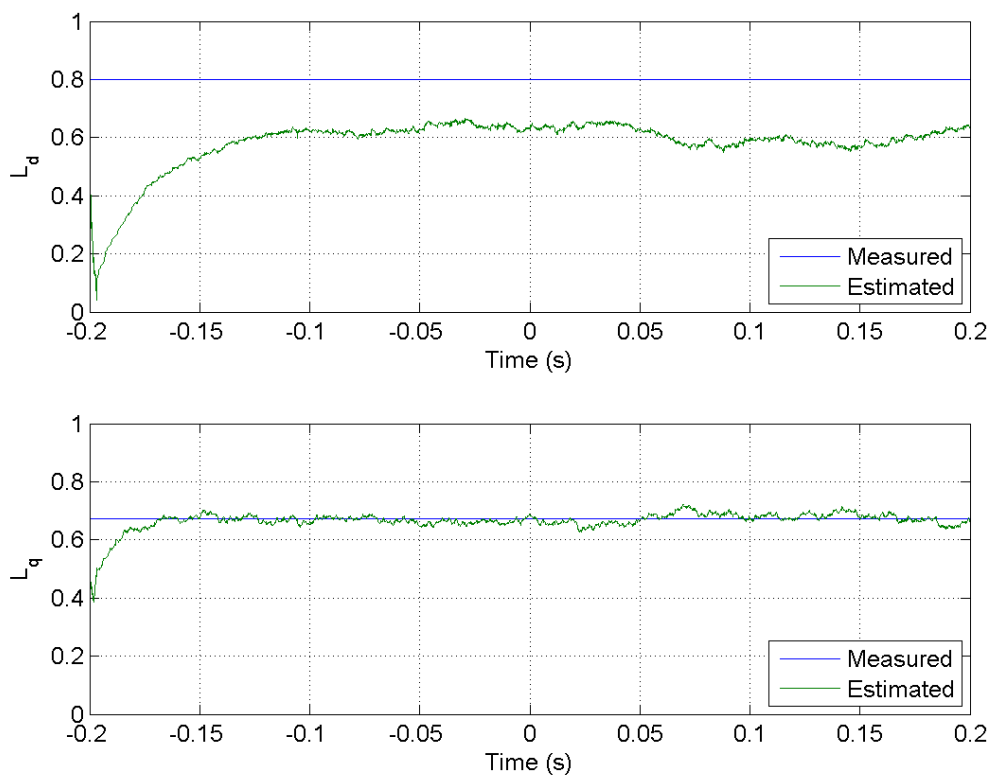


Fig. 7 - Parâmetros estimados através do EKF a partir de leituras ruidosas.

Os resultados obtidos pelos filtros com dados experimentais mostraram-se satisfatórios tanto na estimação de estados como na estimação conjunta de estados e parâmetros. Cabe ressaltar que um número de condições adversas foram observadas durante o experimento: (i) desequilíbrio de tensões de fase, (ii) presença pronunciada da terceira harmônica no sinal de tensão, (iii) baixa resolução de leitura da posição angular (1 pulso por rotação - 1 PPR); (iv) más condições de cálculo da velocidade angular, a partir de derivação numérica com aproximação de primeira ordem. Mesmo nessas condições, ambos os filtros foram capazes de prover estimativas de estados e parâmetros satisfatórias.

Tabela 3 - Parâmetros medidos vs. parâmetros estimados através do EKF.

Parâmetro	$L_d [H]$	$L_q [H]$
Valor medido	0,803	0,691
Valor estimado	0,593	0,664

A maior dificuldade associada à aplicação prática dos filtros foi a calibração aos dados experimentais, tendo em vista que os níveis de ruído dos estados medidos são desconhecidos. Tudo o que se conhece são os limites superiores de ruído garantidos pelos fabricantes, que não são informações suficientes para a adequada calibração do filtro ao sinal.

CONCLUSÕES

Conforme mostram os resultados apresentados na pesquisa, a aplicação dos filtros UKF e EKF mostrou-se efetiva na estimação de estados e parâmetros de geradores síncronos. Para o problema da estimação conjunta de estados e parâmetros, foi possível estimar conjuntamente até dois parâmetros, além dos estados do gerador síncrono. Dentre os parâmetros estimados, estão alguns cuja determinação por métodos tradicionais pode ser um tanto trabalhosa, como é o caso das indutâncias de magnetização dos enrolamentos do estator.

Como sugestão para pesquisas futuras no tema, recomenda-se a implementação e teste de métodos alternativos para o ajuste das covariâncias de estado, dentre os quais destacam-se os métodos adaptativos baseados no ajuste da matriz de covariâncias de estados Q a partir na matriz de inovação.

A ideia subjacente à aplicação de métodos adaptativos é evitar o ajuste da matriz de covariâncias através do enfoque *ad-hoc* e melhorar o fator de convergência dos filtros.

REFERÊNCIAS

ASTROM, K. Introduction to stochastic control theory. [S.l.]: Dover Publications Inc., 1970.

GALLEHDARI, Z.; DEHGHANI, M.; NIKRAVESH, S. K. Y. Online state space model parameter estimation in synchronous machines. **Iranian Journal of Electric & Electronic Engineering**, v. 10, n. 2, 2014.

GHAHREMANI, E.; KAMWA, I. Online state estimation of a synchronous generator using Unscented Kalman Filter. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, v. 26, n. 4, 2011.

HUANG, M.; LI, W.; YAN, W. Estimating parameters of synchronous generators using Square-Root Unscented Kalman Filter. **Electric Power Systems Research**, v. 80, p. 1137–1144, 2010.

JULIER, S. J.; UHLMANN, J. K. Unscented filtering and nonlinear estimation. **Proceedings of the IEEE**, v. 92, n. 3, p. 401–422, Mar 2004. ISSN 0018-9219.

**Área: Automação Industrial****Área Temática: Controle de Processos****ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO EM MALHA FECHADA PARA UMA CALDEIRA GERADORA DE VAPOR****Aluno: Josimar Antonio Bevilaqua****Orientador: Prof. Me. Adílson Luís Stankiewicz****INTRODUÇÃO**

Com o crescente aumento da concorrência e com a necessidade de garantir a satisfação dos clientes, as indústrias de todos os segmentos necessitam melhorar os métodos de produção para obter lucro. Além de melhorias no processo produtivo, a eficiência nos processos paralelos se torna fundamental para que a empresa continue no mercado, funcionando sem prejuízo. Mas como é possível melhorar a eficiência no processo produtivo?

Grande parte das empresas brasileiras ainda usam sistemas antigos para acionar as máquinas e equipamentos de suas plantas. Esta condição muitas vezes deixa o equipamento à mercê da ação humana para funcionar, aumentando assim as chances de uma operação inadequada e consequentemente uma perda de eficiência.

Segundo Filho (2014), a automação é essencial em toda instalação industrial, pois ela permite e garante uma operação segura, econômica e confiável dos equipamentos, melhorando assim o desempenho das operações.

Este estudo apresentou o desenvolvimento de um sistema de automação para aplicação em uma caldeira geradora de vapor de uma indústria do RS. O objetivo foi promover uma lógica de programação em malha fechada de forma a proporcionar um sistema de funcionamento automático para a caldeira.

Por intermédio da aplicação do sistema de automação proposto, além de diminuir os riscos de acidentes, será possível monitorar todo processo de funcionamento da planta em tempo real, permitindo intervenções instantâneas sobre a operação, tendo assim um maior controle sobre a eficiência do equipamento para executar a geração de vapor.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos para realização deste estudo são divididos em três etapas fundamentais. No primeiro momento, após a análise do referencial teórico, foi efetuado o levantamento dos dados técnicos e construtivos, juntamente com o acompanhamento do processo operacional da caldeira geradora de vapor flamotubular horizontal utilizada para o presente estudo, de forma a estar acompanhando as atuais condições de funcionamento. Na segunda etapa foram determinadas quais as variáveis do processo que seriam controladas, assim como quais seriam os dispositivos utilizados para realização destes controles. Na última etapa foi desenvolvido o novo fluxo de funcionamento que será utilizado após a implementação física da automação, bem como a programação e testes de simulação e de bancada no Controlador Lógico Programável (CLP) e na Interface Homem Máquina (IHM), que executam e controlam todo processo de funcionamento.

Para realização da implementação do processo automático de controle da caldeira geradora de vapor se faz necessário a utilização de muitos dispositivos que proporcionam proteção, comandos e sinais de resposta das operações.

Sem levar em consideração botoeiras, blocos de contato, contactoras, dispositivos de proteção contra sobrecargas, sensores indutivos e sensores fins de curso que já são utilizados no funcionamento atual, entre outros, os dispositivos mais importantes que foram adotados são o CLP, os inversores de frequência e a IHM.

Por consequência deste estudo não apresentar a implementação física da automação na planta real da caldeira geradora de vapor, os sensores responsáveis pela medição das variáveis controladas não foram abordados. Para questões de testes de funcionalidade, os mesmos sensores foram representados pela variação de um sinal analógico, semelhante ao sinal fornecido por sensores reais.

O CLP escolhido para a automação da caldeira é da marca WEG, com modelo de referência TPW04-360BR-D. A determinação deste modelo foi baseada principalmente devido ao fato de o mesmo atender os pré-requisitos necessários para o funcionamento básico da planta, além da fácil aquisição para testes, visto que há exemplares deste CLP na universidade. Além do CLP, que possui somente entradas e saídas digitais, também foi necessário a utilização de expansões de entradas e saídas analógicas.

A linha de CLP's TPW04 da WEG disponibiliza gratuitamente no site do fabricante o *software* de programação TPW-PCLINK. Através desta ferramenta de programação é possível acessar e programar todas as facilidades que o CLP oferece, além de executar simulações da lógica e acompanhamento real dos estados lógicos do CLP em operação.

O modelo de inversor de frequência escolhido foi o CFW11 da marca WEG. Este modelo de inversor é composto por todos os pré-requisitos necessários para manter um bom desempenho no funcionamento do controle dos motores da caldeira. Possui acoplado ao sistema o modo de regulação PID (Proporcional, Integral e Derivativo), onde o fabricante faz referência à utilização deste modelo de inversor de frequência no controle de processos de bombas d'água e de ventiladores, além de garantir eventuais reduções no consumo de energia. Possui filtro de RFI, que atenua os ruídos gerados pelo inversor de frequência na rede. Outro fator determinante para escolha do inversor de frequência WEG CFW11 está relacionado ao fato de existirem exemplares na universidade, o que facilita eventuais testes de funcionamento dos sistemas.

A IHM utilizada na automação da caldeira geradora de vapor foi da linha MT8000 *touchscreen* da WEG de 7 polegadas (MT8071-ip). Este modelo de IHM disponibiliza capacidades gráficas de alta resolução, robustez e design arrojado. Sua concepção permite a comunicação com uma vasta variedade de equipamentos, pois possui portas de comunicação RS232, RS485 e ethernet, além de *software* de programação e simulação gratuitos.

Dentre as principais funcionalidades que o *software* disponibiliza para programação e operação na IHM WEG, se destacam a plataforma para edição de novos projetos, a capacidade de simulação *on-line* (com a presença de CLP) ou *off-line* (sem a presença de CLP), as possibilidades de monitoramento e operação da IHM por meios remotos independentemente da localização geográfica, a possibilidade de monitorar a quantidade de alarmes e eventos via ethernet, além de inúmeros outros recursos disponíveis.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Diante das atividades acompanhadas no funcionamento real na planta, onde foram realizados testes de funcionamento e através de um comparativo com referências de implementações práticas já executadas de automações em caldeiras geradoras de vapor, o autor definiu que a execução do controle das seguintes variáveis promove um funcionamento seguro e eficaz sobre o real funcionamento da planta:

1. Controle do nível de água no reservatório do gerador de vapor;
2. Controle da depressão existente dentro da fornalha;
3. Controle dos gases oriundos da combustão;
4. Controle da pressão de saída do vapor;

Além das variáveis controladas, também foram implementados comandos automáticos para realização de injeção de combustível e descargas de fundo.

A primeira etapa para dar início na lógica de programação do CLP foi realizar a nomenclatura dos instrumentos de entrada e atuadores de saída. Os instrumentos de entrada fornecem sinais reais que sofrerão por um processo virtual de funcionamento, até serem distribuídos fisicamente para os atuadores de saída.

Após a conclusão dos tagueamentos, foi realizada a lógica de funcionamento no CLP, e após testes de funcionalidade, aplicadas diretamente no *software* TPW PC-LINK, seguindo sequencialmente as descrições sugeridas para o novo fluxo de funcionamento da caldeira geradora de vapor.

Para realização da parametrização dos inversores de frequência, foi utilizado o *software* SuperDrive G2, que é disponibilizado gratuitamente pelo fabricante WEG. A programação é enviada para cada inversor de frequência via cabo *USB*.

Independentemente de serem quatro variáveis distintas que são controladas, o método de funcionamento para cada inversor é o mesmo. Cada inversor apresenta uma das entradas digitais programadas para habilitar o funcionamento dos motores. Assim que estas entradas são habilitadas, a velocidade do motor controlado é determinada pela comparação entre um valor desejado da variável controlada, representado por um sinal analógico fixo que é introduzido em uma das entradas analógicas do inversor de frequência, e o sinal real da variável controlada, que é recebido diretamente de uma saída analógica do CLP, mas que representa diretamente o valor que o sensor da variável envolvida está medindo diretamente na planta da caldeira. Para os testes em bancada, o sinal real do sensor envolvido foi representado por um potenciômetro, que altera o sinal analógico de saída conforme varia sua resistência.

Foram programadas as saídas analógicas de cada inversor para enviar um sinal analógico diretamente em uma das entradas analógicas do CLP, demonstrando a que velocidade o motor envolvido está girando para estabilizar a variável controlada.

Para o caso de um dos inversores de frequência apresentar alguma falha, também foram programadas as saídas digitais, onde uma das saídas digitais de cada inversor de frequência está ligada diretamente em uma entrada digital do CLP, que efetua este monitoramento.

A realização do sistema de supervisão e comando do funcionamento da caldeira geradora de vapor é realizado via IHM. A construção da programação foi desenvolvida no *software* *EaseBuilder Pro*, onde foram incrementadas várias telas para abranger todo processo operacional.

Na tela inicial, conforme Fig. 1, é apresentada uma lista dos usuários que possuam permissão para operar a caldeira. Cada usuário possui uma senha específica que é classificada por classes. Cada classe de usuário apresenta permissão para executar algumas tarefas pertinentes a sua função. Sem a senha correta não é possível operar a caldeira.

Após efetuado o registro do usuário, uma tela de menu é aberta, conforme a demonstração da Fig. 2, possibilitando a visualização de vários ícones que compõem o funcionamento geral da caldeira. Os ícones que podem ser selecionados permitem operar, monitorar, testar e alterar o funcionamento da caldeira geradora de vapor, e se apresentam divididos entre operação e monitoramento, histórico de alarmes, controle das variáveis, tempos de descarga, alterar senha de usuário, operações manuais, ajustes de temporizadores, processo de acendimento do fogo, estado lógico das entradas e estado lógico das saídas.

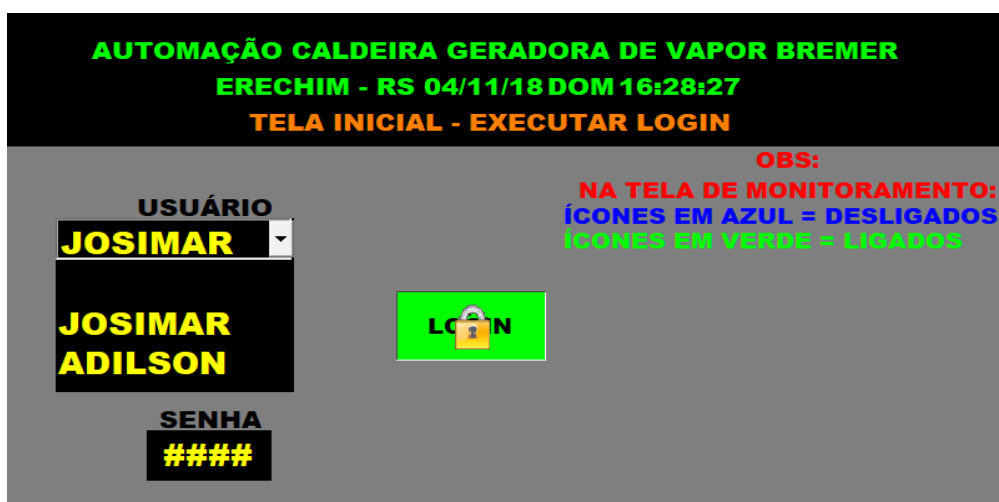


Figura 1 – Tela inicial do sistema supervisório da caldeira

Cada ícone selecionado abre uma tela específica que contribui direta ou indiretamente com o funcionamento da caldeira. Os ícones de estados lógicos das entradas e estados lógicos das saídas apresentam individualmente a condição física de cada sinal de entrada ou saída, e também proporcionam uma lista que relaciona cada TAG diretamente com o canal correspondente no CLP.



Figura 2 – Tela de menu do sistema supervisório da caldeira

Através da seleção de tempos de descarga é possível alterar os tempos de acionamento das válvulas e os tempos de espera entre uma descarga e outra, visto que estes valores podem ser alterados por orientação do fabricante a cada inspeção realizada na caldeira, que é determinada pela NR-13. O ícone ajuste de temporizadores permite alterar os tempos previstos para abertura e fechamento dos reguladores de fluxo de ar, bem como os tempos de abertura e fechamento da porta da fornalha, tempos estes que determinam os acionamentos de alarmes pertinentes ao impedimento da execução da função selecionada.

A seleção do acendimento do fogo possibilita alteração dos parâmetros utilizados para o início do processo, onde podem ser alterados os tempos de atuação e a velocidade do exaustor e ventilador secundário até o término do processo de acendimento do fogo na fornalha.

O ícone de operações manuais proporciona a possibilidade de efetuar testes de funcionamento de todas as saídas, podendo testar acionamentos das válvulas de descarga, abertura e fechamento dos reguladores de fluxo, abertura e fechamento da porta da fornalha, avanço e retorno do carrinho alimentador, bem como ligar e desligar o exaustor e os ventiladores primário e secundário.

Na seleção do ícone de controle das variáveis é permitido visualizar e alterar valores para o funcionamento de cada malha de controle. Em histórico de alarmes ficam armazenados os eventos anormais de funcionamento, com data e hora de quando o alarme é acionado e quando a não conformidade é corrigida.

Através da seleção do ícone operação e monitoramento é aberto uma tela com um painel sinótico da caldeira geradora de vapor, conforme demonstra a Fig. 3. O processo para ligar e desligar a caldeira é efetuado nesta tela, bem como o acompanhamento em tempo real das condições de cada componente presente na planta. Os ícones representando sensores, motores ou válvulas, quando estão na cor azul simbolizam que os dispositivos estão desligados, e quando estão na cor verde simbolizam que os dispositivos estão ligados.

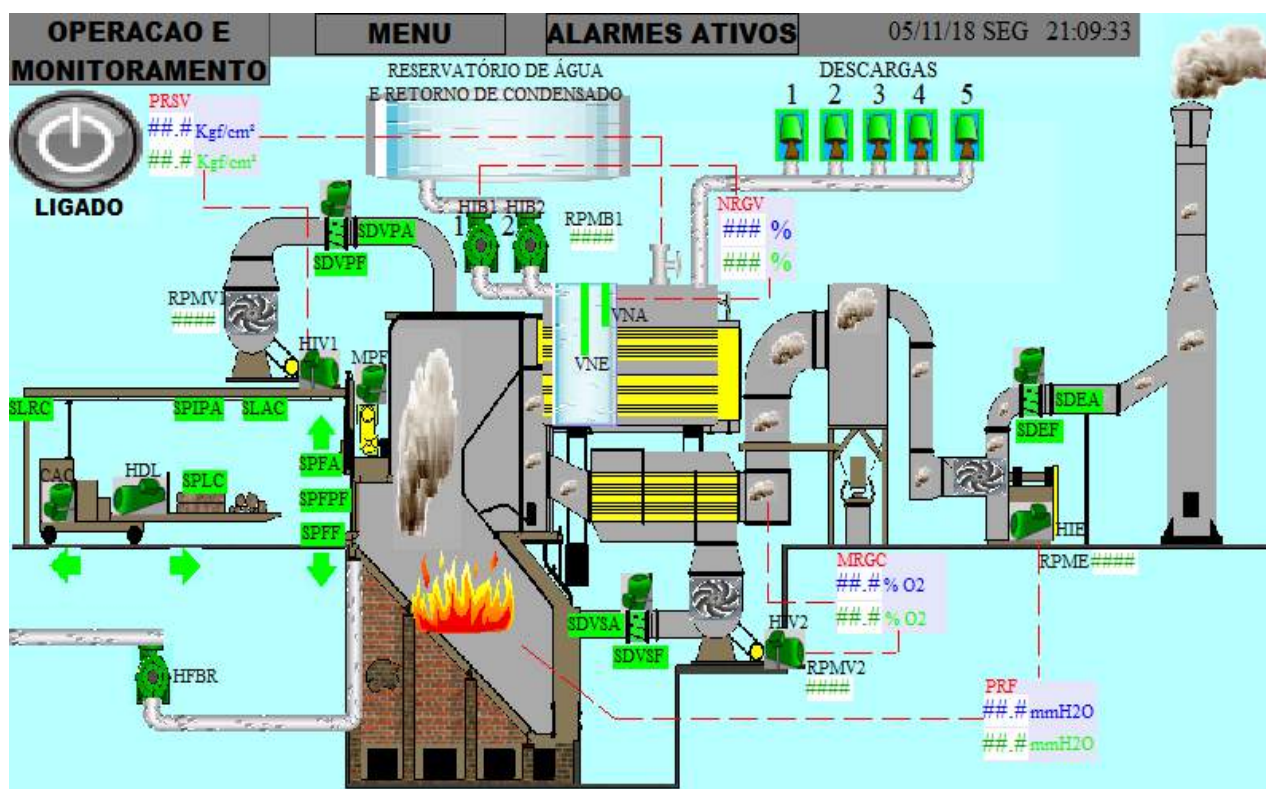


Figura 3 – Tela de operação e monitoramento do sistema supervisorio da caldeira

Quando algum alarme é acionado, uma mensagem de alarme é mostrada na tela de monitoramento. Através da seleção do ícone alarmes ativos é possível verificar uma listagem de todos alarmes que estão acionados, juntamente com a data e hora em que o alarme foi acionado. Quando o erro for solucionado é possível acionar o ícone de reset presente na tela de alarmes ativos e voltar para tela de operação.

Todas as telas de operação foram testadas por uma função existente no *software EaseBuilder Pro* denominada simulação *off-line*, através do qual foi possível evidenciar a funcionalidade e também a interatividade operacional.

Para certificar-se da conectividade e funcionalidade dos conjuntos programados foram realizadas as interligações do CLP, da IHM e de um inversor de frequência. Para simular as entradas digitais físicas no CLP foram utilizadas manoplas retentivas, onde cada ação pertinente a confirmação de movimentos foi representada manualmente. Os sinais analógicos oriundos dos sensores de medição das variáveis foram representados manualmente através do uso de potenciômetros. Os testes de funcionamento do sistema se apresentaram satisfatórios, visto que atendem os objetivos propostos que determinam a comunicação e a funcionalidade entre os diferentes dispositivos.

CONCLUSÕES

A implementação de um sistema automatizado nos processos de fabricação industrial torna-se cada vez mais importante. Eficiência e qualidade são requisitos fundamentais para a manutenção sadia das indústrias como um todo. Neste âmbito, é possível expor que os benefícios da automação podem ser imensuráveis, pois além de agregar valor no processo fabril, proporcionam uma redução na rotina operacional, auxiliando na diminuição de erros humanos durante a produção e aumentando o nível de proteção contra acidentes por parte dos operadores envolvidos.

Este estudo apresentou soluções técnicas de automação que podem ser implementadas em uma caldeira geradora de vapor de uma indústria do RS. Para este fim, foram aplicados conhecimentos adquiridos no decorrer do curso de Engenharia Elétrica, e que vão além da aplicação específica da eletricidade, introduzindo o objetivo geral da engenharia, que é aprender a aprender. A interdisciplinaridade e busca de informações foi essencial para o andamento do projeto, visto que foi necessário um estudo aprofundado pertinente a processos térmicos que regem o funcionamento de uma caldeira geradora de vapor, bem como um estudo aprofundado sobre o funcionamento e operação de *softwares* não vistos no andamento do curso.

Para aquisição de conhecimento, foram abordados estudos já realizados sobre automações em caldeiras geradoras de vapor, que possibilitaram nortear sobre as ações necessárias em uma automação e que melhoram a performance de equipamentos relacionados a geração de vapor.

Através do acompanhamento da planta real e dos conhecimentos adquiridos através do estudo de referências bibliográficas, foi proposto um fluxograma de operação e uma lógica de funcionamento que foram introduzidas no CLP e no Sistema Supervisório, permitindo ações automáticas de funcionamento.

Por meio de testes computacionais e também de testes práticos constatou-se a funcionalidade do sistema proposto, pois as decorrências descritas no fluxograma foram confirmadas nos resultados obtidos dos testes práticos.

Desta forma, a automação no sistema de funcionamento da caldeira geradora de vapor em questão torna-se oportuna, pois constatada a funcionalidade, irá proporcionar um melhor controle sobre o funcionamento do equipamento além de diminuir as tomadas de decisão operacional e os riscos de acidentes.

REFERÊNCIAS

BEGA, E. A. **Instrumentação aplicada ao controle de caldeiras**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2003.

FILHO, G. F. **Automação de Processos e de Sistemas**. São Paulo: Érica, 2014. 144 p.

WEG. **Controlador Lógico Programável Série TPW-04 - Manual de Programação**. 2015. 380 p. Disponível em: < <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-controlador-logico-programavel-tpw04-manual-de-programacao-10003853205-manual-portugues-br.pdf> > Acesso em: 15 abr. 2018.

WEG. **EasyBuilder 8000 – Installation, Configuration and Operation Guide**. 2015. 492 p. Disponível em: < <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h3a/hec/WEG-manual-easybuilder-8000-manual-english.pdf> > Acesso em: 04 set. 2018.

**Área: BIOMÉDICA****Área Temática: Instrumentação Biomédica****DESENVOLVIMENTO DE UM OXÍMETRO DE PULSO PORTÁTIL****Aluno: Marçal Paintinger de Figueiredo****Orientador: Prof^a. Ma. Camila Sampaio dos reis**

INTRODUÇÃO

Ao passar dos anos, os idosos destinam-se a reduzir sua independência física e com isso passam a ter maiores limitações em seus deslocamentos, o que pode complicar ou até impedir o seu acesso aos estabelecimentos de saúde. Do mesmo modo pode acontecer com indivíduos com deficiências diversas, ou com crianças. Várias patologias exigem cuidados preventivos, como avaliações diárias ou constantes, que requerem do paciente a necessidade de deslocamento até um lugar onde tenha equipamentos capazes para o acompanhamento (SILVA, 2018).

Com o progresso da tecnologia apareceram vários tipos de equipamentos que proporcionam a aquisição da medida dos sinais vitais no próprio local, como aparelhos de pressão, oxímetros de pulso, dentre outros. Entretanto os equipamentos mais básicos comercializados têm suas funções restringidas, e os mais completos, como monitores multiparamétricos, são caros e pouco acessíveis. Além disso, esses equipamentos proporcionam somente as medidas, dando auxílio ao diagnóstico dado por um profissional de saúde (SILVA, 2018).

Um dos sinais vitais de estudo é a medição do oxigênio no sangue, no qual, o aparelho oxímetro de pulso coleta as informações, realiza o processamento da informação e emite o resultado em alguns segundos de forma contínua e segura. O princípio da oximetria de pulso fundamenta-se na absorção da luz de comprimento de onda (660 a 940nm) pela hemoglobina oxigenada de modo que seja possível determinar do nível de saturação de oxigênio (SpO_2) no sangue arterial (QUINTAS, 2005).

Observa-se que calcula o SpO_2 tem variação ao passar do tempo com a frequência cardíaca, quando a artéria dilata e contrai a cada batida do coração, estas variações devem ser extraídas pelo sensor através reflexão da luz emitida pelos leds sobre o sangue arterial através do dedo. Sem a percepção do sensor destes pulsos gerador pelo coração, o oxímetro de pulso não funciona (SANTINI, 2010).

O trabalho visa a implementação de um oxímetro de pulso de forma não invasiva por meio da onda fotopletismográfica em que será considerado a aquisição do sinal com a conversão analógico-digital capturado pelo sensor conectado ao oxímetro de pulso portátil.

MATERIAIS E MÉTODO

Neste trabalho foi feito uso de referencial teórico e auxílio de aplicativos de simulações para projetar, calcular e comparar os resultados obtidos experimentalmente. O trabalho consistiu no desenvolvimento um oxímetro de pulso portátil não invasivo na configuração de transmissiva onde a luz dos leds que atravessa o dedo e é captada pelo sensor alocado na outra extremidade do dedo.

Na Fig.1 é possível visualizar o processo considerado para o desenvolvimento do oxímetro de pulso portátil, o qual é composto pelo sensor, onde é alocados os leds emissores e o componente OPT101 responsável por receber o sinal transmitido; filtro de transimpedância que converte a pequena corrente emitida pelo receptor em um sinal de tensão amplificado; filtro *antialiasing*, composto de um filtro passa baixa para atenuar as frequências indesejadas;

conversor AD, converte o sinal analógico em sinal digital; processamento, processa o sinal digital para obter o sinal de saída desejado; display, onde é mostrado o sinal SpO_2 medido em percentual.

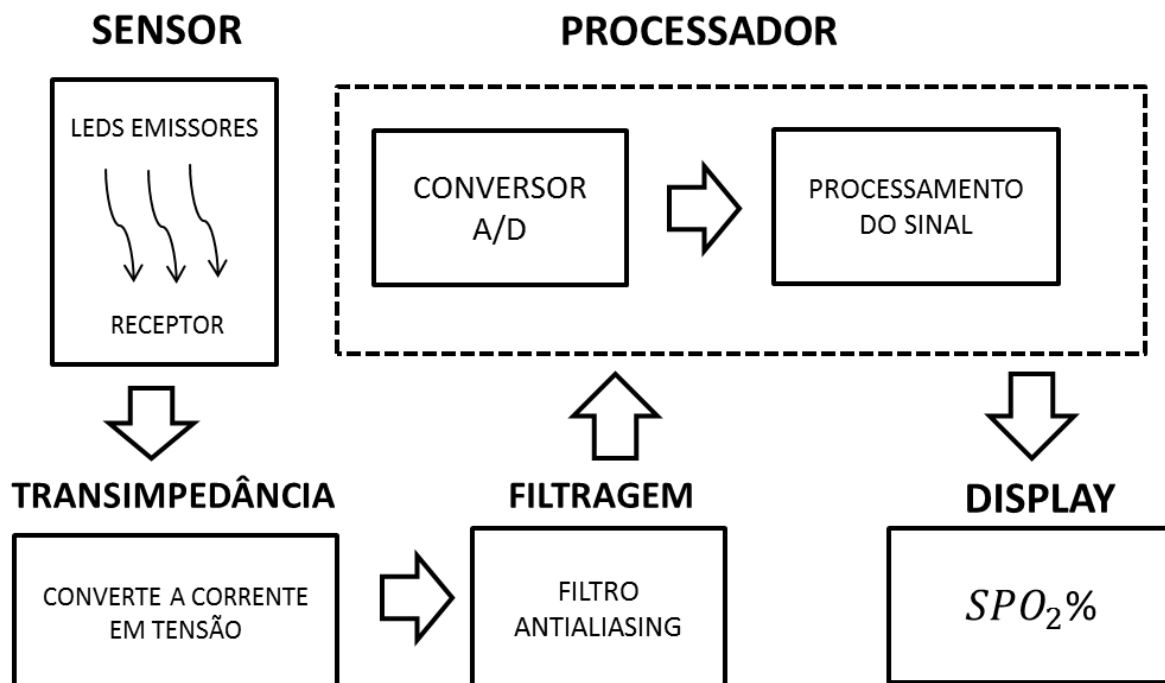


Figura 1 – Metodologia proposta para desenvolvimento de um oxímetro de pulso portátil

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para excitar os leds emissores foram utilizados dois pinos da plataforma do microprocessador ATMEGA328P, estes pinos foram definidos como saída, sendo o pino digital 2 para controle do led vermelho e o pino digital 3 para controle do led infravermelho.

Para o sensor de aquisição do sinal foi confeccionado uma PCI demonstrado na Fig. 2 que é constituído do componente OPT101 (U1) e um resistor (R1) de $1,5M\Omega$, sua alimentação é conectada ao pino (+), o pino (-) é o terra e o sinal pino (S).

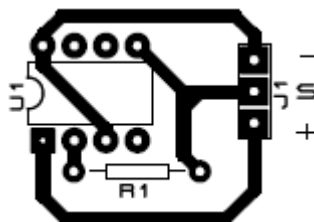


Figura 2–Esquemático da PCI

Após a etapa de desenvolvimento de placas foi confeccionado o protótipo e este pode ser visto na Fig.3 junto com o seu sensor.



Figura 3—Protótipo

Quando utilizado um diodo receptor obtemos a onda mostrada (Fig. 4) de pletismografia muito semelhante com a curva demonstrada na literatura de acordo com Fig.5.



Figura 4—Onda diodo receptor



Figura 5—Onda literatura

Na saída deste componente obtém a onda de pletismografia que esta demonstrada na Fig.6.

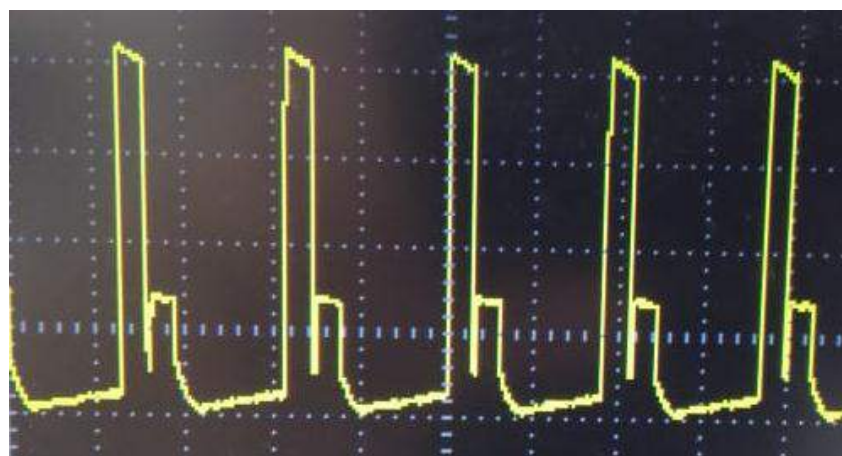


Figura 6—Onda de pletismografia obtida através do componente eletrônico OPT101

Este comportamento é característica do componente utilizado por conter em seu encapsulamento um amplificador operacional na configuração de transimpedância que é constituído por um capacitor e o resistor externo.

O conversor analógico digital é um método bastante utilizado para que se possa trabalhar qualquer sinal que necessite de métodos simples ou complexos para que se obtenha o resultado desejado. No caso dos oxímetros de pulso a redução de componentes analógicos é significativo, além de precisar de detecção dos valores de vales e picos, fazendo comparações constantes em um curto espaço de tempo.

Com o sinal já digital, este pode ser salvo ou transmitido para análise em tempo real ou utilizar para futuras amostras com fins de comparações. Para isso, foi desenvolvido um algoritmo para tratamento e processamento do sinal adquirido pelo sensor receptor seguindo o fluxograma detalhado na Fig.6.

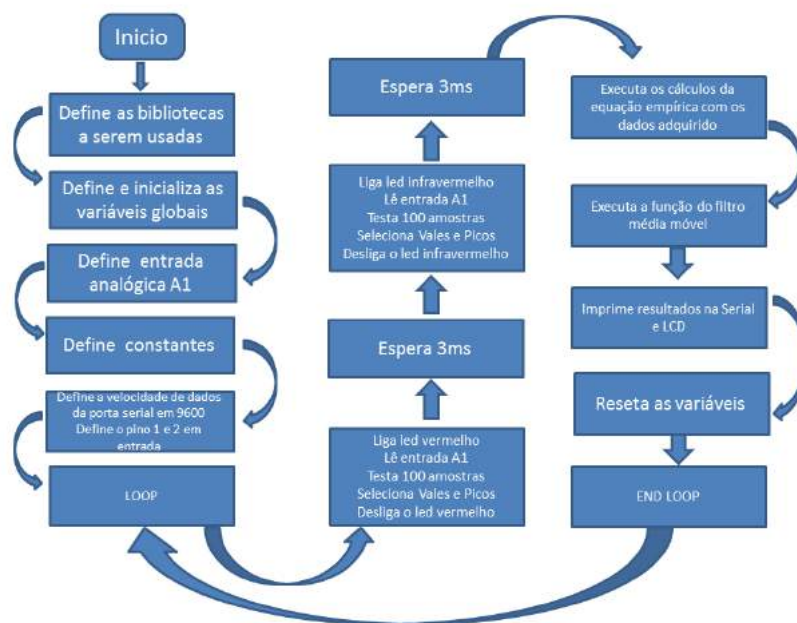


Figura 6 – Fluxograma do código

Posteriormente foram adquiridas 30 (trinta) medidas em intervalos de 10 (dez) segundos, do oxímetro comercial *Vital Signs Monitor VS-800* com número de série BY-9C116785 fabricado em 12-2009 e realizado manutenção preventiva em 31/08/2018 pela empresa Biocare, e do protótipo desenvolvido concomitante a fim de validar seu funcionamento, estas medidas estão apresentadas na Tab.1 e para efeito visual na Fig.7.

Tempo(s)	Spo2(%) Comercial	Spo2(%) Protótipo	Erro(%)
10	97	97	0,00
20	98	97	1,03
30	98	98	0,00
40	98	97	1,03
50	98	97	1,03
60	98	98	0,00
70	97	97	0,00
80	98	97	1,03
90	98	97	1,03
100	97	97	0,00
110	97	98	1,02
120	97	97	0,00
130	99	98	1,02
140	98	97	1,03

150	97	97	0,00
160	97	98	1,02
170	97	97	0,00
180	97	97	0,00
190	97	97	0,00
200	97	97	0,00
210	97	98	1,02
220	96	97	1,03
230	97	97	0,00
240	97	97	0,00
250	97	98	1,02
260	97	97	0,00
270	97	97	0,00
280	97	97	0,00
290	97	97	0,00
300	96	97	1,03

Tabela 1- Comparação entre oxímetro comercial e o protótipo desenvolvido

Nota-se que o protótipo desenvolvido apresentou um erro de aproximadamente 1,03% em relação ao oxímetro comercial, este erro está associado a arredondamentos matemáticos, pois seus dados são apresentados apenas em números inteiros. Se analisarmos o erro associado ao total das medidas observaremos que esse percentual reduz drasticamente para 0,03%. O oxímetro comercial apresenta

uma precisão do SpO_2 de 96% pode variar + ou - 2% sem movimento e + ou - 3% com movimentos, conforme informações de seu manual.

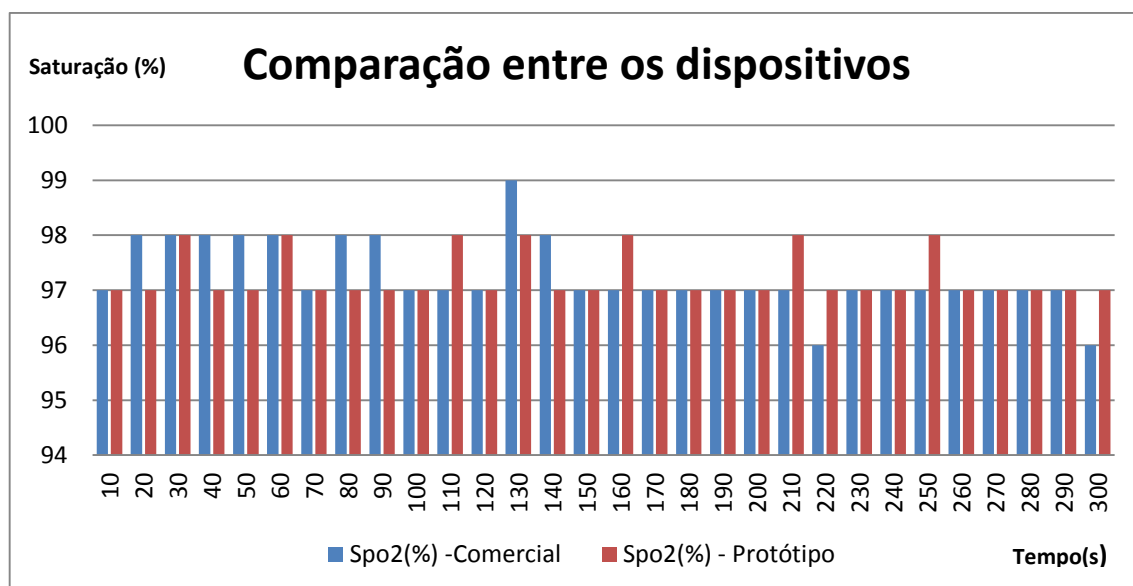


Figura 7- Comparação entre oxímetro comercial e o protótipo desenvolvido

CONCLUSÕES

O estudo e desenvolvimento de produtos biomédicos vem crescendo ao longo do tempo, e o com o oxímetro de pulso não é diferente, com este estímulo criou-se o desafio de projetar e desenvolver um protótipo do oxímetro de pulso portátil.

Para o desenvolvimento do projeto, o mesmo foi implementado em protoboard, foram realizadas simulação dos diversos filtros, osciladores, e amplificadores para testar seu funcionamento. O principal desafio foi capturar o sinal desejado, pois como foi montado em protoboard onde as conexões não são firmes houve mal contato, gerando ruído ou não funcionamento do circuito.

Com a realização do projeto, algumas dificuldades surgiram na sua implementação, principalmente em conseguir um sinal de qualidade, pois o sinal para o oxímetro de pulso possui baixa amplitude, acrescido de muitos ruídos causados por fontes externas, neste caso, foi necessário utilizar amplificadores de sinal, o que amplifica também o ruído.

A parte experimental é o que define a implementação final do protótipo, que para atender os requisitos necessários, percebeu-se a necessidade de alterar alguns componentes para obter melhores resultados. Se observou que quando interpretado os resultado juntamente com a teoria, auxilia na definição da melhor escolha. A análise e entendimento das especificações técnicas dos componentes, tanto sua resposta quanto ao estímulo, ou até mesmo melhor forma de conexão, levou a um resultado satisfatório do trabalho.

Com a dificuldade de sanar os maus contatos e eliminar os ruídos optou-se por trocar o componente referente a captação do sinal, por um CI OPT101 que em seu encapsulamento já obtém a conversão de irradiação do led em corrente elétrica e posteriormente em tensão elétrica, com o filtro de transimpedância incorporado ao CI, tornando o sinal com uma boa amplitude e poucos ruídos. Outra característica de resposta observada pela definição deste componente se deu pelo fato da implementação do protótipo com os componenete LM 324, LM 358, LM 741 e INA 128 não apresentaram resultados efetivos para validação do protótipo, o que justificou a sua escolha.

Considerando a evolução do protótipo foi possível implementá-lo digitalmente através microprocessador ATMEGA328P, utilizando um filtro *antialiasing* de entrada analógica, e um

filtro digital de média móvel para o processamento. Deste modo obteve-se um melhor resultado do sinal e este pode ser trabalhado para atender os objetivos deste trabalho, validando com os resultados obtidos na prática.

Neste trabalho foi possível fazer uso dos conhecimentos que o curso de engenharia elétrica proporciona, desde eletrônica analógica, digital, até a análise e processamento de sinais. As simulações realizadas durante o trabalho foram muito importantes para análise dos resultados.

Por fim, apesar dos contratempos e dificuldades, o projeto atendeu os objetivos, nas comparações entre o dispositivo comercial e o protótipo desenvolvido foi obtido divergências quase nulas, desse modo, conclui-se que a validação do trabalho esta comprovada pelos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

QUINTAS, Fernando André Peixoto Botelho. **Desenvolvimento de um oxímetro de pulso com comunicação bluetooth**. 2015. Dissertação de Mestrado.

SANTINI, Tales Roberto de Souza et al. **Projeto de um Oxímetro de Pulso com comunicação USB**. 2010. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.

SILVA, Diego Cláudio da et al. Monitor multiparamétrico com conexão Wi-Fi para uso portátil e domiciliar. 2018.



Área/Linha de Pesquisa: Automação Industrial
Área do Conhecimento ou Área Temática: Controle de Processos



ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE SUPERVISÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS AO MONITORAMENTO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES DA SUINOCULTURA

Aluno: Marcus Vinicius da Marta Oliveira
Orientador: Adilson Luis Stankiewicz

INTRODUÇÃO

A produção de suínos no Brasil nas últimas décadas teve um aumento significativo, fruto dos investimentos em ampliações e também de uma considerável evolução na produtividade das granjas. De acordo com Gonçalves e Palmeira (2016) “neste período houve uma significativa expansão da suinocultura, além de diversas aquisições e fusões que mudaram o panorama da produção no país.” Andreazzi et al. (2015) afirmaram que “o contínuo crescimento do consumo de alimentos gera a necessidade do aumento da produção mundial, visando suprir a demanda. Neste contexto, o Brasil se destaca, pois, apresenta condições favoráveis, geográficas e climáticas, no cenário mundial da produção de alimentos.” Entretanto, o aumento na produção, nas diversas cadeias produtivas oriundas de animais, gera grande quantidade de resíduos. Estes resíduos e dejetos, quando não tratados ou manejados corretamente causam prejuízos ambientais incalculáveis, pois são danosos ao meio ambiente, podendo contaminar lençóis freáticos e cursos d’água (ANDREAZZI et al., 2015, apud SEBRAE, 2015).

Desta forma é de extrema importância o controle da emissão desses poluentes através de um sistema de alto nível de tratabilidade e que possibilite também, com investimentos tecnológicos, tornar o processo de maneira sustentável estabelecendo a recuperação de nutrientes, o aproveitamento do biogás para geração de energia utilizando biodigestores e a conservação da água.

O SISTRATES (Sistema de Tratamento de Efluentes da Suinocultura) é uma tecnologia desenvolvida pela Embrapa Suínos e Aves que visa tratar os efluentes da suinocultura com a possibilidade de redução das emissões de GEE (Geração de Gases de Efeito Estufa), reuso da água ou lançamento em corpos receptores, produção de biogás para geração de energia elétrica e calor, e a recuperação de um coproduto que é o fósforo de alta pureza que pode ser utilizado como fertilizante.

O SISTRATES pode ser aplicado de maneira modular e adicional, de acordo com as necessidades de tratamento (módulo BIO + módulo N + módulo P). O princípio do método consiste em separação física de sólidos e biodigestor anaeróbio (módulo BIO), remoção biológica de nitrogênio (módulo N), por nitrificação e desnitrificação e precipitação química de fósforo (módulo P) (MIELE et al., 2011). Segundo Kunz et al. (2009) na maioria dos casos o insucesso do tratamento está relacionado a erros humanos, causados pela má operação dos sistemas. Neste contexto uma das medidas de controle para estes problemas é o investimento em novas tecnologias visando um melhor desempenho e facilidade na operação do processo, sendo assim a alternativa mais adequada é a implementação de um sistema de supervisão e aquisição de dados para o monitoramento e controle no sistema de tratamento de efluentes da suinocultura, agregando as funcionalidades existente em um sistema supervisor como: o monitoramento contínuo das variáveis do processo em tempo real e uma ferramenta de análise de dados através de histórico de eventos, alarmes e geração de gráficos de tendência.

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do sistema supervisorio foi realizado pelo software livre de código fonte aberto ScadaBR, este software apresenta aplicabilidade em sistemas de automação, aquisição de dados e controle supervisorio, o projeto foi desenvolvido com base na planta do SISTRATES conforme Fig.1, onde as disposições das variáveis do processo a serem controladas e supervisionadas foram estipuladas através dos elementos dinâmicos na cor vermelha e amarela, as variáveis de comando e supervisão foram basicamente as seguintes informações: nível, vazão, *status* de “ligado” e “desligado”, comando “ligar” e “desligar” e temporização.

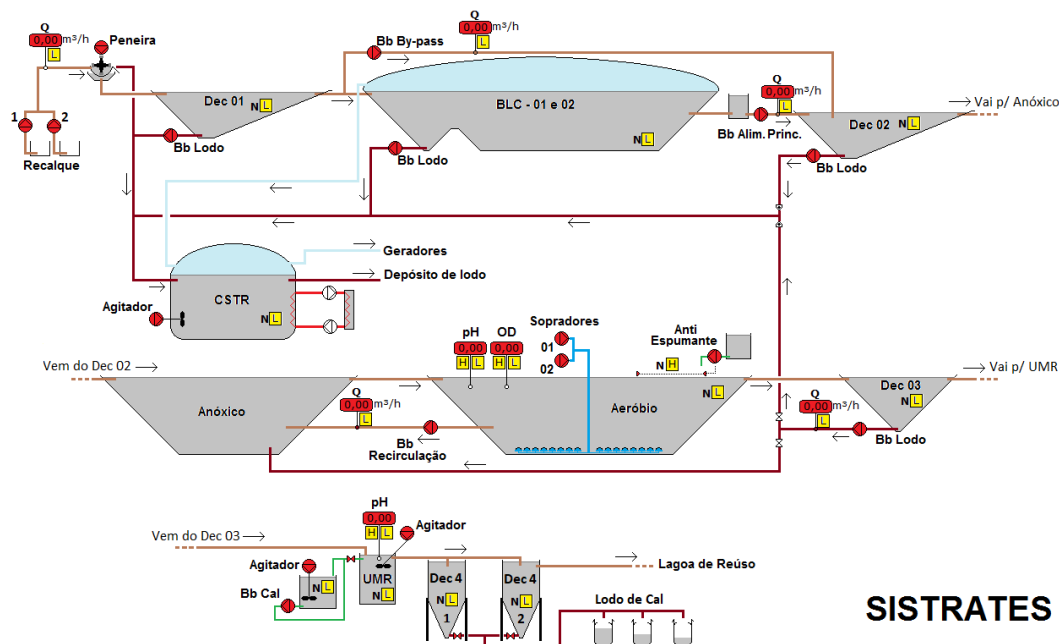


Figura 1 - Croqui SISTRATES

Primeiramente foi definido a arquitetura do sistema e o protocolo de comunicação a ser utilizado para interface de dados entre o ambiente de automação e sistema de supervisão.

As variáveis do processo foram simuladas pelo CLP WEG modelo TPW04-360BR-D, através da programação desenvolvida por Koproski (2018). A integração entre o supervisorio e o ambiente de automação foi realizada pela interface de comunicação através do protocolo Modbus, já que diversos controladores e ferramentas para desenvolvimento de sistemas supervisorios utilizam este protocolo, devido sua grande simplicidade e facilidade de implementação. A arquitetura apresentada pelo supervisorio foi baseada na fig. 3.

Para interligação física do sistema supervisorio e o CLP foi implementado um conversor de comunicação NOVUS modelo USB - i485 conforme figura 2.



Figura 2 - Conversor de Comunicação

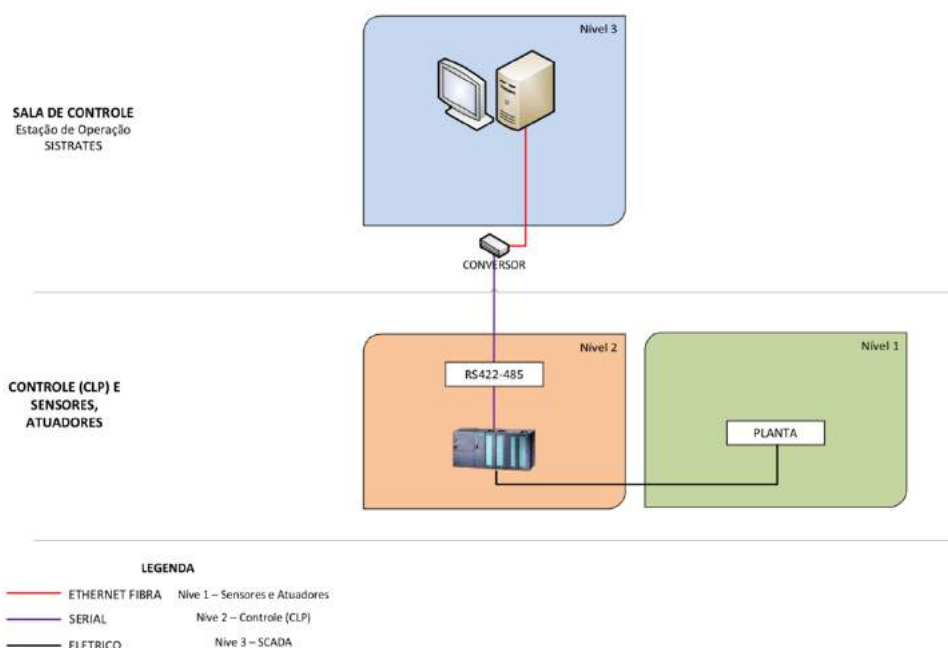


Figura 3 - Arquitetura

Na etapa seguinte foi dado início a programação do sistema de comunicação pelo ScadaBR, implementando os parâmetros relacionados ao protocolo Modbus, velocidade de comunicação, Porta física, bits de dados, bits de parada, paridade e etc.

Na etapa seguinte foi dado início a construção dos elementos da representação gráfica com base no croqui da Fig. 1, inserido as variáveis de controle e supervisão na base de dados do software ScadaBR. Após implementado os pontos dinâmicos a tela gráfica principal foi concluída conforme Fig. 4

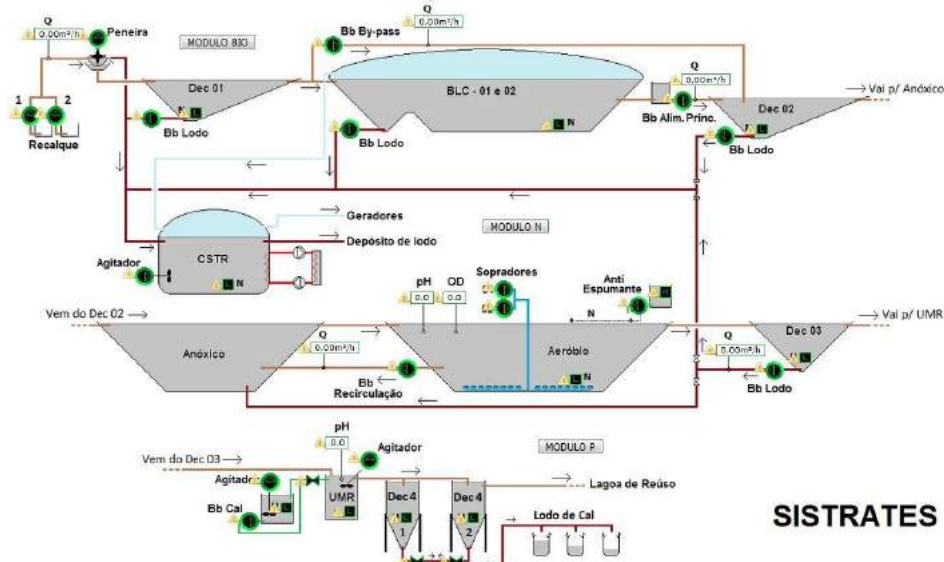


Figura 4 - Tela Principal de Supervisão

As funções de comando do supervisor para o CLP foi implementado um botão para cada módulo do sistema, com a abertura de uma janela auxiliar Pop-up na própria tela principal de supervisão, ao

Marcus Vinicius da Marta Oliveira

Estudo e desenvolvimento de um sistema de supervisão e aquisição de dados ao monitoramento do tratamento de efluentes da suinocultura.

clicar no botão existente na Fig. 5, abrirá a janela conforme disposição na Fig. 6 para comandar os equipamentos individualmente de cada módulo.

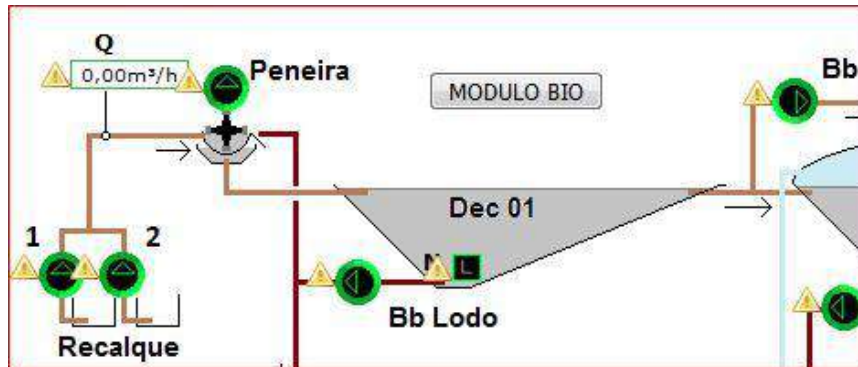


Figura 5 - Botão de Chamada

Peneira de Escovas Rotativas

Status

☒ AT Peneira Ligada

☒ AT Peneira Desligada

Comando

SetPoint		
	Tempo Ligado	Tempo Desligado
LIGAR	0.0	0.0
DESLIGAR	0.0	0.0

Figura 6 - PopUp para Comando

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A simulação foi realizada em bancada conforme Fig. 7, através da interligação entre dois projetos distintos, sendo o sistema SCADA desenvolvido neste trabalho, junto ao projeto de automação desenvolvido por Koproski (2018).

Foram analisadas todas as funcionalidades do sistema proposto pelo projeto, simulando o recebimento e o envio das variáveis do processo como: geradores de histórico de eventos conforme Fig. 8 e emissão de gráficos conforme Fig. 9.

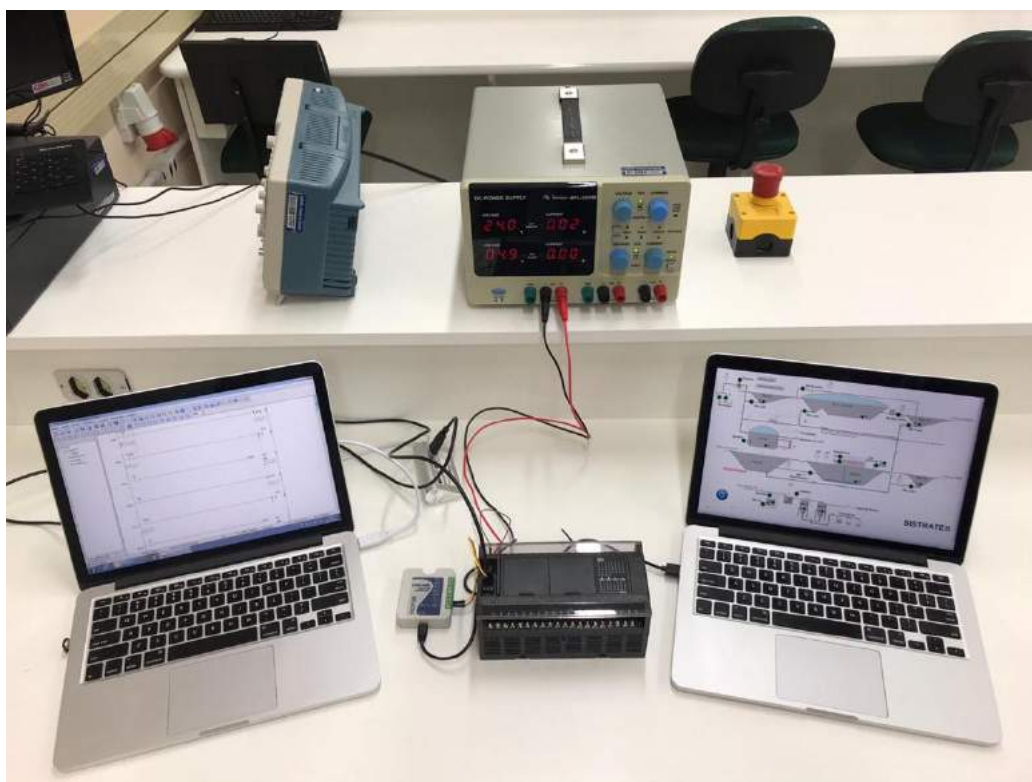


Figura 7 - Simulação em Bancada

Vazão Bombas de Recalque

Início da execução 2018/11/19 22:40
Duração da execução 79ms
Faixa de datas 2018/11/19 22:36 para 2018/11/19 22:45
Registros 12

Estatísticas



Figura 9 - Gráfico de Tendência

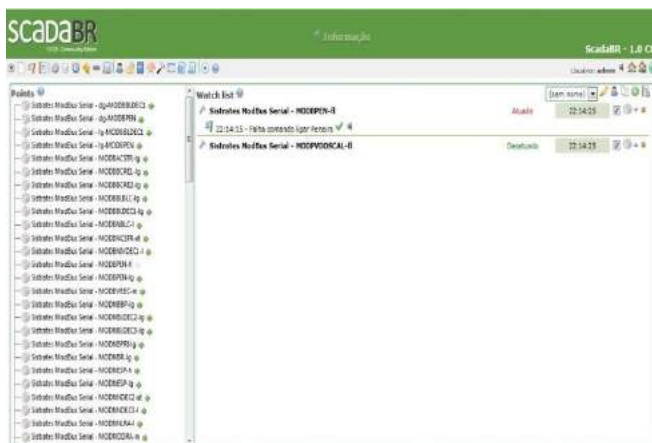


Figura 8 - Lista de Eventos

CONCLUSÕES

O projeto desenvolvido para controle, supervisão e aquisição de dados no tratamento de efluente da suinocultura visou a melhoria nos processos de tratamento de efluentes partindo-se do princípio que o sistema de supervisão disponibiliza uma interface gráfica com a atualização das mudanças das variáveis do processo em tempo real, realiza o controle do processo através de comandos, bem como gráficos de tendência e históricos de eventos/alarmes facilitando a identificação de possíveis falhas na operação com maior agilidade e eficiência.

Outro fator principal deste trabalho foi a utilização de uma tecnologia Open Source, não necessitando o investimento em sistemas proprietários pagos, tornando sua implantação de baixo custo, em

Marcus Vinicius da Marta Oliveira

Estudo e desenvolvimento de um sistema de supervisão e aquisição de dados ao monitoramento do tratamento de efluentes da suinocultura.

processos que já possuem automação o investimento se resume em uma estação de operação, um conversor para interface de comunicação e cabos/fibras de interligação. O projeto promete contribuir em termos sociais e econômicos, visto que favorece a preservação do meio ambiente, e baixo investimento no sistema SCADA, também proporcionará diminuição do tempo de operação, os dados serão obtidos de forma mais precisa, em consequência dos fatos mencionados, haverá uma diminuição em falhas por erro humano.

A partir destes fatos pode-se concluir que estes sistemas se tornaram uma peça fundamental para o bom funcionamento dos processos industriais e também para o aprimoramento, e controle de qualidade da produção.

O sistema de supervisão e aquisição de dados projetado apresentou um excelente desempenho nas simulações praticas, atendendo todos os objetivos especificados no projeto.

REFERÊNCIAS

KOPROSKI, R. **Estudo e Desenvolvimento de Automação para um Sistema de Tratamento de Efluentes da Suinocultura**. [S.l.]: Trabalho de Conclusão de Curso - URI, 2018.

ANDREAZZI, M. A. et al. Destinação dos resíduos da suinocultura em granjas das regiões noroeste e sudoeste do Paraná. **Revista Eletrônica em Gestão**, p. 744–751, 2015.

MIELE, M. et al. Impacto Econômico De Um Sistema De Tratamento Dos Efluentes De Biodigestores. p. 24–28, 2011.

KUNZ, A. et al. Boas práticas de gerenciamento para melhorar a operação de um Sistema de Tratamento de Dejetos de Suínos. p. 89–93, 2009.

KUNZ, A. et al. Estação de Tratamento de Dejetos de Suínos (ETDS) como alternativa na redução do impacto ambiental da suinocultura. **Comunicado Técnico 452. Embrapa Suínos e Aves.**, p. 6, 2006.

GONÇALVES, R. G.; PALMEIRA, E. M. **Suinocultura Brasileira**. [S.l.: s.n.], 2016. 11 p. ISBN 9788568384077.



Área/Linha de Pesquisa: Controle Aplicado
Área Temática: Acionamento de Máquinas Elétrica



DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA DE CONTROLE E SIMULAÇÃO EM TEMPO REAL BASEADA EM SYSTEM ON CHIP APLICADO A MÁQUINAS ELÉTRICAS

Aluno: Mateus Nava Mezaroba
Orientador: Cássio Luciano Baratieri

INTRODUÇÃO

O surgimento da eletrônica de potência está diretamente atrelado ao desenvolvimento de interruptores eletrônicos. Neste contexto, um dos desenvolvimentos primordiais da eletrônica de potência foi o tiristor, na década de 1960, pela General Electric, propiciando o aprimoramento e aumento de eficiência na conversão de energia (Barbi, 2006). Com isso, outros diversos dispositivos auxiliares avançaram tecnologicamente para permitir o controle das comutações dos interruptores semicondutores (p. ex. transistores, o Transistor de Efeito de Campo de Óxido de Metal Semicondutor (MOSFETS), Transistor Bipolar de Porta Isolada (IGBTs). Entre esses dispositivos, destaca-se os processadores digitais de sinais (Krishnan, 2001).

Diante disto, a inserção dos equipamentos chaveados no mercado eletroeletrônico desencadeou a proposição de novas técnicas de controle ao acionamento dos interruptores, propiciando a aplicação nas mais diversas áreas, tais como: iluminação, sistemas de potência, processamento de energia, energias renováveis e máquinas elétricas. Em geral, as técnicas de controle são responsáveis pelo aumento de eficiência energética e operacional. Com relação ao foco do trabalho em máquinas elétricas, especificamente, ao controle para motores de indução, destaca-se o controle escalar com tensão e frequência variável, popularmente denominado V/F e o controle vetorial (Chapman, 2013; Depenbrock, 1988; Vas, 1998).

Assim, aplicações de eletrônica de potência voltadas ao controle de máquinas elétricas têm motivado o constante aperfeiçoamento tecnológico. Logo, o desenvolvimento de plataformas para acionamento de inversores trifásicos aumenta linearmente. Uma das abordagens amplamente utilizada em plataformas é o controle digital, que propicia maior velocidade de processamento, versatilidade em otimização, alto desempenho e uma grande acurácia ao controle aplicado (Krishnan, 2001). Além disto, com o intuito de mitigar as perdas, diversos microcontroladores e microcomputadores são aplicados ao acionamento de motores, prioritariamente para aumentar a eficiência e o desempenho das máquinas elétricas (Chiba et al., 2005).

Acompanhando a tendência tecnológica no acionamento e controle de máquinas elétricas, este artigo aborda o desenvolvimento de uma plataforma de acionamento, controle e supervisão de máquinas elétricas, atrelado ao uso de dispositivos de baixo custo e grande capacidade de processamento. Em virtude disso, foi utilizada uma plataforma baseada em *System On Chip* para controle e implementação de um supervisor, possibilitando a visualização dos dados do controle. Para validação dos procedimentos metodológicos, a plataforma tem sido validada com o acionamento de um motor de indução trifásico. Neste sentido, este artigo apresenta resultados de simulação e

experimentais parciais do desenvolvimento desta plataforma que futuramente propiciará o acionamento de qualquer tipo de motor trifásico de mesma categoria de potência.

MATERIAL E MÉTODOS

A utilização de controle em máquinas elétricas na indústria tem aumentado significativamente nas últimas décadas. Deste modo, uma grande quantidade de dispositivos e plataformas que realizam controle e supervisão de máquinas elétricas estão sendo desenvolvidas mundialmente, desde o projeto e desenvolvimento (p. ex. DSpace, Opal-RT) até a aplicação final (p. ex. inversores de frequência, monitoramento em tempo real). Entretanto, todas as plataformas existentes são de caráter comercial, tendo um alto valor de mercado, da mesma forma que, utilizam aplicativos comerciais para integrações com algoritmos dedicados. Desta forma fomenta-se o desenvolvimento de plataformas que realizem o controle e supervisão em máquinas elétricas de maneira flexível e que permitam aprimoramentos futuros, tais como, a integração em sistemas da indústria 4.0. Com base nisso, neste artigo é proposto o desenvolvimento do sistema sumarizado na Fig. 1.

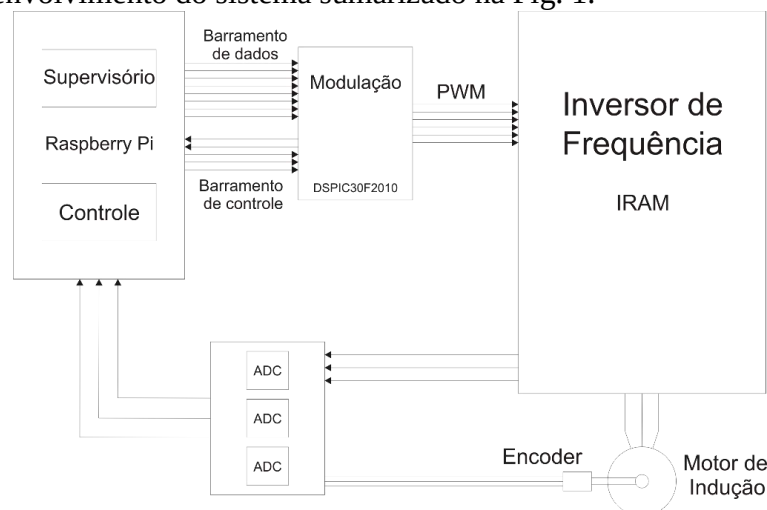


Figura 1 – Plataforma de controle e supervisório para controle de máquinas elétricas

O sistema proposto é constituído basicamente de dispositivos de baixo custo. A plataforma proposta é fundamentada no controle, acionamento e supervisão operacional de motores elétricos trifásicos. A base de todo projeto está na utilização do Raspberry Pi, que é o responsável por processar o controle em ponto flutuante, transmitir os dados via um barramento de dados e de controle ao dsPIC. No DSP, são identificados os dados e é realizado o acionamento das portas PWMs, que acionam o módulo inversor trifásico (módulo inversor integrado). Além de realizar o sistema de controle no Raspberry Pi, também foi desenvolvido o sistema supervisório utilizando linguagem C, o qual apresenta os dados calculados pelo controle e as medidas obtidas do sistema de realimentação. Também foi implementado além do barramento de dados, um barramento de controle com 5 vias, que é o responsável pela coordenação de transmissão dos dados, da mesma forma que proporciona a sincronização de ambos os controladores.

Visando implementar a proposta apresentada na Fig. 1, primeiramente, definiu-se uma estratégia de controle piloto, ou seja, adotou-se as técnicas de controle escalar e vetorial de motores de indução trifásicos, por serem técnicas amplamente usadas na indústria. Em seguida, simulou-se as técnicas no aplicativo PSIM, visando uma análise preliminar à implementação experimental. Desta forma, foi determinado o modelo matemático do motor de indução em eixos síncronos baseado em Krause et al. (2013), visando a futura aplicação no supervisório. Com o modelo projetado e implementado, desenvolveu-se o algoritmo de controle para o motor de indução. Na etapa inicial foi utilizado o controle por tensão e frequência variáveis, ou também conhecido como controle V/f, caracterizando assim o controle em malha aberta. Por outro lado, na segunda etapa foi utilizado o

controle vetorial em malha fechada, proporcionando maior precisão ao acionamento. Desta forma, os algoritmos responsáveis pelo controle foram implementados no *Simplified C Block* do PSIM. Para a síntese das tensões de terminal adotou-se a modulação PWM em abordagem geométrica. A Fig. 2 mostra o controle V/f e o controle vetorial aplicado ao modelo matemático implementado no aplicativo PSIM.

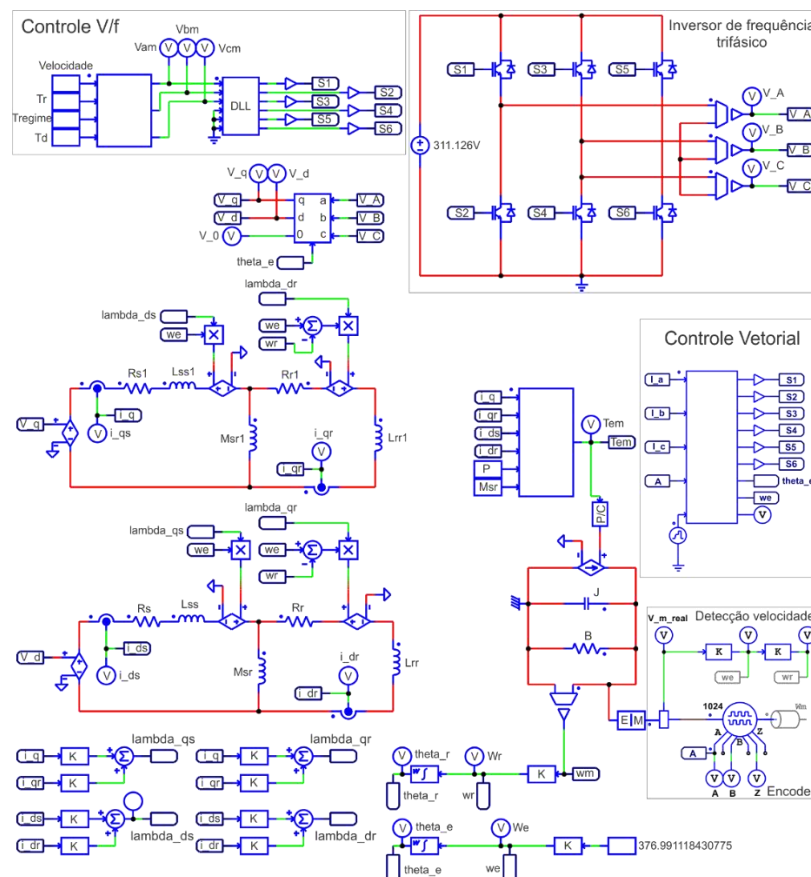


Figura 2 – Controle V/f e Vetorial aplicado ao modelo projetado

Conforme mencionado anteriormente, um barramento de dados foi implementado para que os dados do controle sejam transmitidos do Raspberry Pi para o dsPIC. O barramento de dados é composto por oito vias e o barramento de controle possui cinco vias para coordenação e sincronização no envio dos dados. O barramento de dados pelo qual as variáveis de controle são transmitidas, também é exposto na Fig. 2, e é representado pelas ligações entre o bloco de controle e a DLL. O algoritmo desenvolvido no dsPIC30F2010 possui além do acionamento das seis portas PWMs o código de identificação dos dados, e o controle total sobre o sistema, pois como a capacidade de processamento do Raspberry Pi é superior em comparação a do dsPIC, a velocidade de controle deste dispositivo limita a frequência de operação do sistema como um todo. Assim, o dsPIC é o responsável por gerar a interrupção principal.

A utilização do Raspberry Pi permite que o controle seja realizado em ponto flutuante, proporcionando precisão numérica ao controle digital. Outra aplicação do Raspberry Pi que foi utilizada neste trabalho, foi a grande capacidade de processamento em conjunto as permissões de uso da interface gráfica, para criação de gráficos e figuras. Com base nesta possibilidade, fez-se uso das ferramentas disponibilizadas pelo SoC (bibliotecas, funções...) para implementar um sistema supervisor, que apresenta os dados calculados no controle, possibilitando a verificação do comportamento do controle antes de ser aplicado ao motor. O sistema supervisor será aprimorado para a realização e operação em tempo real.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o modelo matemático desenvolvido e implementado, realizou-se as simulações que comprovam o adequado funcionamento do modelo projetado. Desta forma, o modelo dinâmico foi submetido a testes de validação em comparação ao modelo disponibilizado pelo PSIM, possibilitando a comparação entre ambos. Com a obtenção dos resultados de validação do modelo, analisou-se que o modelo projetado está em concordância ao disponibilizado pelo PSIM. Portanto, como o modelo projetado está condizente com o motor real, aplicou-se o sistema de controle ao modelo projetado, analisando assim o comportamento do controle V/f e do controle vetorial. Desta forma, aplicou-se valores para rampa de aceleração, operação em regime contínuo e rampa de desaceleração para o controle V/f, já para o controle vetorial foi estimado somente a rampa de aceleração. Os resultados do controle aplicado por intermédio do Bloco C do PSIM (vide Fig. 2) são mostrados na Fig. 3.

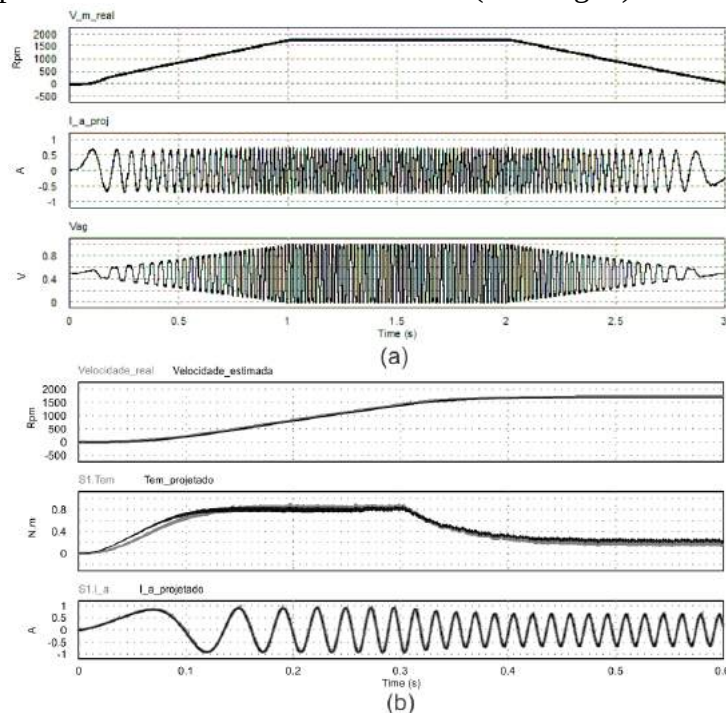


Figura 3 – Controle V/f e Vetorial aplicado ao modelo projetado

Na Fig. 3, foi possível analisar quatro variáveis durante o acionamento do MI. Em Fig. 3(a) obteve-se as respostas do controle V/f, onde no primeiro gráfico ilustra-se a velocidade de rotação da máquina em rotações por minuto (RPM), apresentando a rampa de aceleração de 1 segundo, operação em regime permanente (velocidade de rotação máxima) por mais 1 segundo, e uma rampa de desaceleração de 1 segundo. Também é apresentado a corrente (A) da fase a , onde é visível que o controle está operando de forma correta, pois o comportamento da corrente é linear, sem sofrer picos de partida. Logo, valida-se o controle aplicado ao motor de indução. Do mesmo modo que, o terceiro gráfico apresenta a tensão modulante (V) a ser sintetizada pelo inversor (tensão normalizada com o barramento CC do inversor). Este sinal é transmitido do Raspberry Pi até o dsPIC via barramento de dados, emulando assim o sistema como um todo.

Por outro lado, em Fig. 3(b), apresentam-se as respostas do controle vetorial, onde no primeiro gráfico evidencia-se a velocidade de rotação do motor, e da mesma forma que a anterior, definiu-se uma rampa de aceleração de 0.3 segundo, onde visualiza-se o bom rastreo de velocidade. No segundo e no terceiro gráfico são ilustradas as curvas do torque e da corrente elétrica, respectivamente, nas quais comprova-se que o torque tem uma elevação até o momento que a máquina atinge o regime

permanente, análogo ao comportamento da corrente elétrica, que após a partida da máquina estabiliza-se na corrente para manter a máquina operando.

Logo, após a validação do controle, programou-se o algoritmo de controle no Raspberry Pi, possibilitando que o algoritmo seja executado em um período de tempo reduzido, e que os cálculos sejam em ponto flutuante, proporcionando precisão e acurácia as operações matemáticas. Além do sistema de controle, também foi desenvolvido o código de envio dos dados ao dsPIC, da mesma forma que, o algoritmo de recebimento e acionamento das portas PWMs foram desenvolvidos no dsPIC. Como o microcontrolador é um dispositivo que necessita de alguns periféricos para seu adequado funcionamento, foi projetada a placa da interface de acionamento com os periféricos necessários, e com as devidas saídas e entradas utilizadas e disponíveis no microcontrolador. Além disso, para possíveis mudanças no algoritmo de modulação que poderão vir a ocorrer, disponibilizaram-se os pinos de gravação do microcontrolador (*in-circuit serial programming*). A placa projetada no aplicativo Proteus pode ser visualizada na Fig. 4(a), e a placa de circuito impresso confeccionada é exposta na Fig. 4(b).

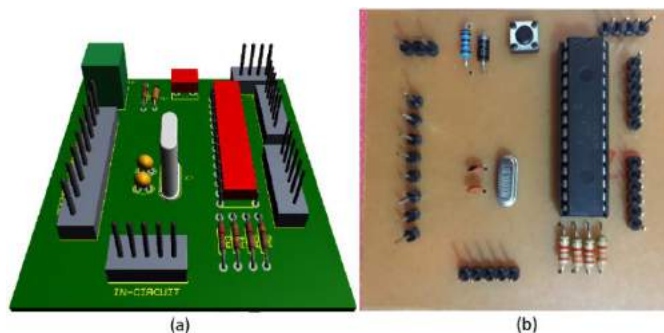


Figura 4 - (a) Projeto da interface de acionamento.(b) Placa de circuito impresso da interface de acionamento

Com a confecção da interface de acionamento, foi possível realizar o acionamento do inversor trifásico, validando assim o sistema de acionamento. Além da interface de acionamento projetada e confeccionada, também foi projetada e confeccionada uma interface para aquisição de sinais, está por vez foi utilizada para a realimentação da malha do controle vetorial. A placa conta com um conversor analógico/digital, para leitura das correntes, bem como um circuito para adequação dos sinais do Encoder Incremental utilizado para estimação da velocidade.

Como o trabalho baseou-se também na implementação do sistema supervisorio, o mesmo foi implementado antes de acionar o MI. Do modo que foi deduzido, implementado e validado o modelo matemático dinâmico do MI no PSIM, obteve-se as equações que regem o seu comportamento. Deste modo, foi possível analisar qualquer um dos parâmetros disponibilizados pelas equações do motor, e assim as mesmas equações são utilizadas para implementar o sistema supervisorio e para as comparações e validações realizadas.

Para que a validação do sistema supervisorio, foi realizado o acionamento com a interface de acionamento, porém sem conecta-la ao inversor trifásico, analisando assim as tensões modulantes resultantes das PWMs. Os resultados obtidos durante o acionamento desconectado do inversor, proporciona a verificação do comportamento do acionamento antes de ser acionada a máquina elétrica, proporcionando assim segurança. A Fig. 5(a) mostra a tensão modulante V_{ag} oriunda do sistema supervisorio.

Como os resultados obtidos do acionamento validado com o supervisorio foram coerentes, realizou-se o acionamento do inversor trifásico utilizando a interface de acionamento. Foi utilizado um motor de indução trifásico conectado em estrela, para validação da plataforma de acionamento e supervisorio. Por intermédio da Fig. 5(b), é possível verificar o comportamento das tensões de fase entre as fases *a* e *c*. Onde ilustra-se que a mesma rampa de aceleração, operação em regime permanente e rampa de desaceleração obtidas na Fig. 3a, são obtidas no acionamento experimental,

validando assim, a plataforma em concordância ao sistema simulado. Além disto destaca-se que a velocidade em que foi realizado os ensaios foi a de 1000 RPM.

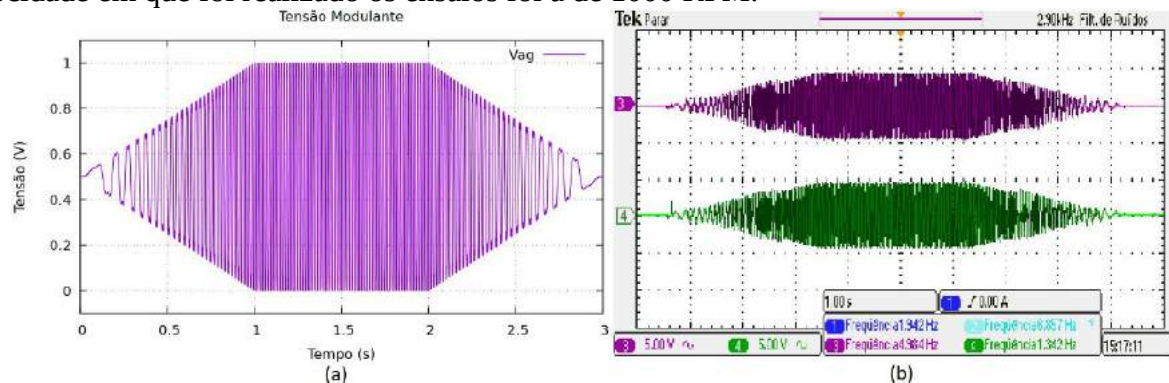


Figura 5 – (a) Tensão modulante no supervisório. (b) Tensão modulante na interface de acionamento

Conforme mostra a Fig. 5, as tensões modulantes obtidas do supervisório estão em concordância as obtidas durante o acionamento prático, e também em coerência as tensões modulantes obtidas no aplicativo PSIM, validando deste modo a plataforma de acionamento desenvolvida, além de apresentar um sistema com precisão, e possibilitar que o controle opere em ponto flutuante. Também salienta-se que o sistema é de baixo custo e opera o controle com um sistema supervisório em paralelo. Ressalta-se que os resultados apresentados são parciais e o acionamento experimental do MI trifásico com o controle vetorial irá ser realizado. Em trabalhos futuros, a plataforma será empregada para o no acionamento de outros tipos de motor, como os motores síncronos de ímãs permanentes, os motores de relutância variável bem como o motor *Brushless DC*.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvida uma plataforma ao acionamento e supervisão de máquinas elétricas. Assim, foram apresentados os procedimentos metodológicos as validações computacionais e experimentais bem como resultados obtidos. Inicialmente foi exposto as formas como cada etapa do trabalho foi desenvolvido, ou seja, a implementação do modelo matemático, controle V/f e controle vetorial no aplicativo PSIM. Com a etapa de validações em aplicativo concluídas, foram implementados ambos os controles no sistema supervisório no Raspberry Pi, utilizando a linguagem C, que proporcionou velocidade e otimizações ao algoritmo. Também é apresentado os resultados do controle e do supervisório operando em conexão ao sistema, a qual é a contribuição do trabalho, pois utiliza o sistema supervisório para verificação antes da realização do acionamento da máquina elétrica. Além disso, destaca-se que o sistema de controle e supervisão é inovador na área de acionamento de máquinas elétricas.

REFERÊNCIAS

- Barbi, I., 2006. *Eletrônica de potência*. Do Autor, Florianópolis, 6ª edição.
- Chapman, S.J., 2013. *Fundamentos de máquinas elétricas*. Mc Graw Hill, New York, 5ª edição.
- Chiba, A., Fukao, T., Ichikawa, O., Oshima, M., Takemoto, M. e Dorrell, D. G., 2005. *Magnetic bearings and bearingless drives*. Newnes, India, 1ª edição.
- Depenbrock, M., 1988. "Direct Self-Control (DSC) of Inverter-Fed Induction Machine". IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 3, p. 420-429.
- Krause, P.C., Wasynczuk, O., Sudhoff, S. e Pekarek, S., 2013. *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*. Wiley-IEEE PRESS, New Jersey, 3ª edição.
- Krishnan, R., 2001. *Electric Motor Drives: Modeling Analysis and Control*. Prentice Hall, New Jersey, 1ª edição.
- Vas, P., 1998. *Sensorless Vector and Direct Torque Control*. Oxford University Press, Londres, 1ª edição.



Linha de Pesquisa: Microgeração de Energia Elétrica
Área Temática: Processamento de Energia



MICROGERAÇÃO DE ENERGIA UTILIZANDO BOMBA CENTRÍFUGA OPERANDO COMO TURBINA HIDRÁULICA ACOPLADA A UM GERADOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO

Aluno: Mauricio Ernani Karpinski
Orientador: Cássio Luciano Baratieri

INTRODUÇÃO

O uso racional de energia elétrica recebe cada vez mais importância no cenário mundial, tanto pelo seu valor econômico quanto por seu valor ambiental. Além disso, o aumento na demanda por energia elétrica de modo sustentável tem forçado investimentos governamentais e pesquisas relacionadas à utilização de fontes de energias limpas e sustentáveis.

A microgeração inclui diversos meios de fontes de energia. Sendo assim, independente da posição geográfica, relevo, clima e diversos outros fatores, há possibilidades de se gerar energia elétrica.

Neste contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de microgeração de energia a partir do reaproveitamento do potencial hidráulico disponível em redes de distribuição de água com a utilização de bomba centrífuga operando como turbina acoplada a um motor de indução trifásico que, por sua vez, opera como gerador. Para que a bomba funcione como turbina é necessária a realização da inversão do fluxo na bomba, sendo ajustada a vazão do sistema para atingir a velocidade nominal do gerador acoplado a ela. Por outro lado, para a operação como gerador, se torna imprescindível fazer ajustes de parâmetros de operação do motor para fornecimento de energia reativa para sua correta excitação. Também é desenvolvida uma plataforma de emulação do sistema no aplicativo PSIM, aonde são utilizados os parâmetros do motor submetido a testes e os dados do sistema hidráulico definido para a operação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foi realizada a escolha de uma bomba centrífuga dentro das quais estavam disponíveis no mercado, fazendo análises necessárias nas curvas fornecidas com base em valores de vazão e altura manométrica de operação adequada, bem como modelo de acoplamento e potência de operação para fazer o desenvolvimento desse sistema, sendo esta definida com o modelo STARMAC UNIBLOC 25125, potência 01 cv, Rotor fechado de 123 mm de diâmetro.

Este modelo foi definido em virtude de estar conectada diretamente a um motor que servirá como um mancal para acoplar o gerador de indução trifásico e também por possuir um atrito menor entre seus elementos construtivos.

Para a implantação do sistema, foi definido construir o protótipo em um circuito fechado com o intuito de economizar a água que será utilizada, bem como, para facilitar a montagem em laboratório.

No sistema hidráulico instalado foram utilizados os seguintes materiais para fazer a montagem do protótipo, conforme descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Materiais utilizados no sistema hidráulico

Quantidade	Descrição
01	Bomba FAMAC F6C 1 cv Monofásica
01	Bomba STARMAC UNIBLOC 25125 1 cv
01	Hidrômetro 1'' x 1'' marca LAO
01	Válvula 32 mm PVC
06	Joelho 32 mm PVC
02	Manômetro 0 - 3 kgf/cm ²
02	União 32 mm PVC
04	Adaptador 32 mm x 1" PVC
02	Adaptador 32 mm x 3/8" galvanizado
03	Adaptador 1" x 32 mm PVC
01	Válvula de retenção 1"
02	Tê 32 mm PVC
03	Metros de tubo 32 mm PVC
01	Reservatório 20 litros

Com a instalação do sistema e a realização dos testes, foram adquiridos dados de vazão e pressão. A partir destes dados, é possível determinar a potência, altura manométrica e rendimento. Essas informações são coletadas através da análise dos gráficos de operação da bomba disponível com o fabricante.

Além disso, é necessário analisar a relação de perda de pressão na bomba para as características estipuladas e adequadas para a operação como turbina. Desta maneira, com o auxílio de manômetros instalados na entrada e saída do sistema, é possível mensurar as pressões nesses pontos.

Após foi realizada a definição do motor que irá funcionar como gerador de indução trifásico, sendo que para um motor operar como gerador é necessário que a velocidade de rotação supere a velocidade síncrona, resultando em um escorregamento negativo nesta região de operação. Para isso, foi definido o motor de marca EBERLE com potência de ½ cv e 6 polos.

A operação de um gerador de indução necessita do fornecimento de energia reativa para que ocorra a magnetização da máquina e torne possível esse modo de operação. No caso, como o sistema proposto é isolado da rede, o único modo de fornecimento dessa energia é através de capacitores ou uma carga que possui característica capacitiva. Com isso, foram definidos valores de capacitância necessários para fazer a excitação do gerador.

Além disso, tornaram-se necessários fazer testes de rotor bloqueado e ensaios a vazios para a determinação dos parâmetros construtivos do motor, pois estes dados se tornam necessários para implantar na simulação do sistema.

Após a definição de todo o material que iria ser utilizado para os testes, foi realizado a montagem completa do sistema de microgeração de energia. Para tornar possível a realização dos testes, foram utilizados os materiais elétricos da Tabela 2.

Tabela 2 – Materiais utilizados no sistema elétrico

Quantidade	Descrição
01	Tacômetro Marca: Minipa
01	Motor elétrico EBERLE 1/2 cv, VI Polos.
01	Bancada de Instrumentação (Voltímetro e Amperímetro). Marca: Anzo
03	Bancada de carga Capacitiva modular - 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45 uf.
01	Bancada de carga Resistiva 220 V, 40 W. Marca: Anzo
06	Lâmpada 40 W
01	Disjuntor motor

A Figura 1 mostra a instalação completa do protótipo de microgeração de energia.

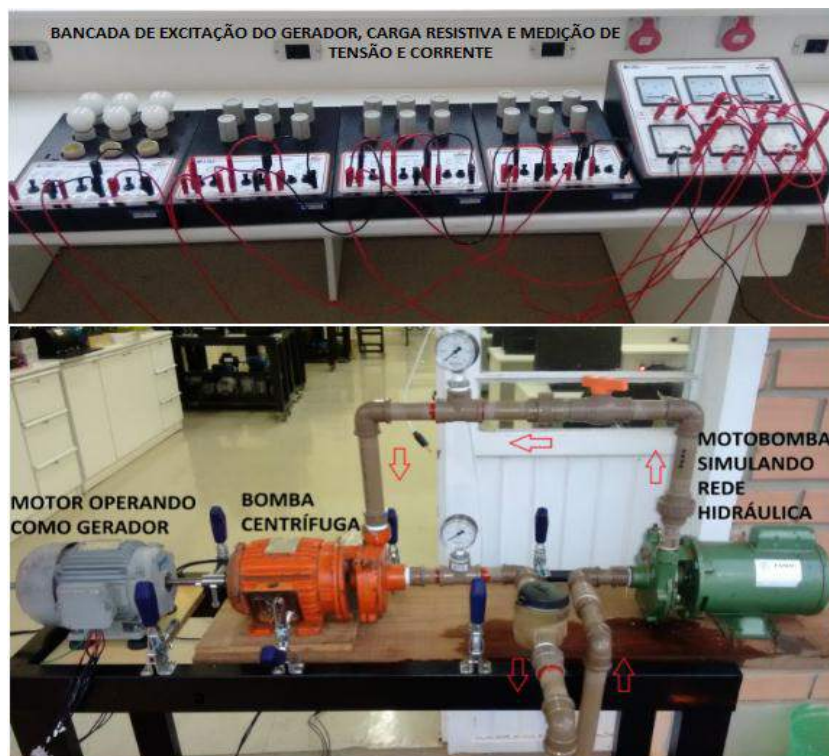


Figura 1 – Instalação do protótipo de microgeração de energia elétrica

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a definição dos materiais, dados e parâmetros necessários para o sistema de microgeração de energia, foi possível obter os resultados necessários para análise.

Primeiramente foi realizada a simulação da plataforma de emulação desenvolvida para analisar o desempenho do sistema, obtendo os resultados da Fig. 2.

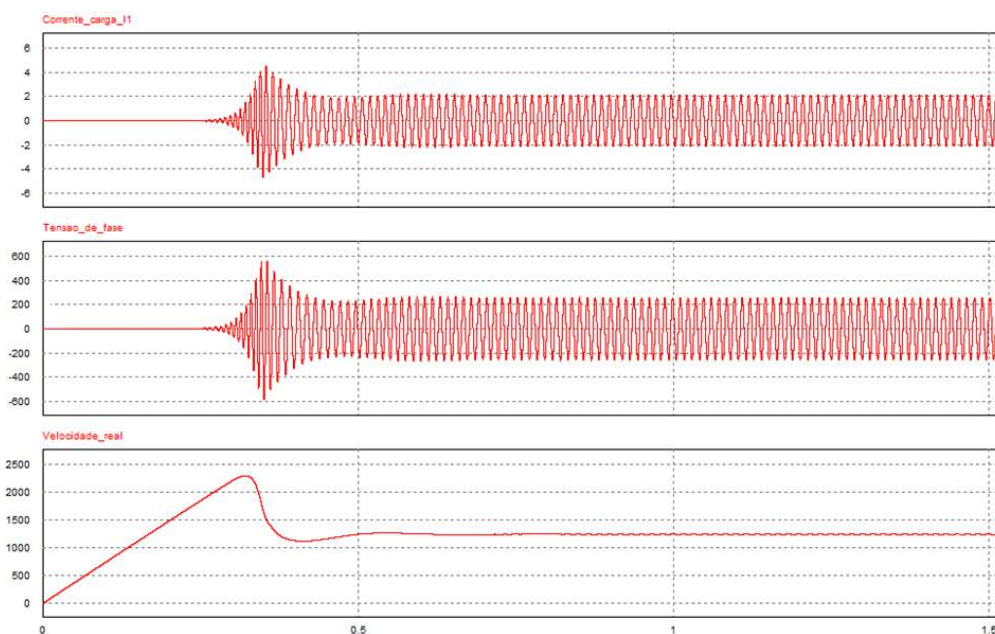


Figura 2 - Resultado da simulação do sistema de microgeração de energia

Analisando a resposta do sistema pela simulação é possível verificar que, após o regime transitório inicial considerado natural para esse modelo de máquina, há uma estabilização com as grandezas elétricas e mecânicas mostradas.

Após a obtenção dos resultados pela simulação foi realizados testes e aquisição de dados com o sistema de microgeração utilizando a bomba centrífuga operando como turbina, sendo estes coletados com auxílio de um osciloscópio. A Fig. 3 mostra os resultados.

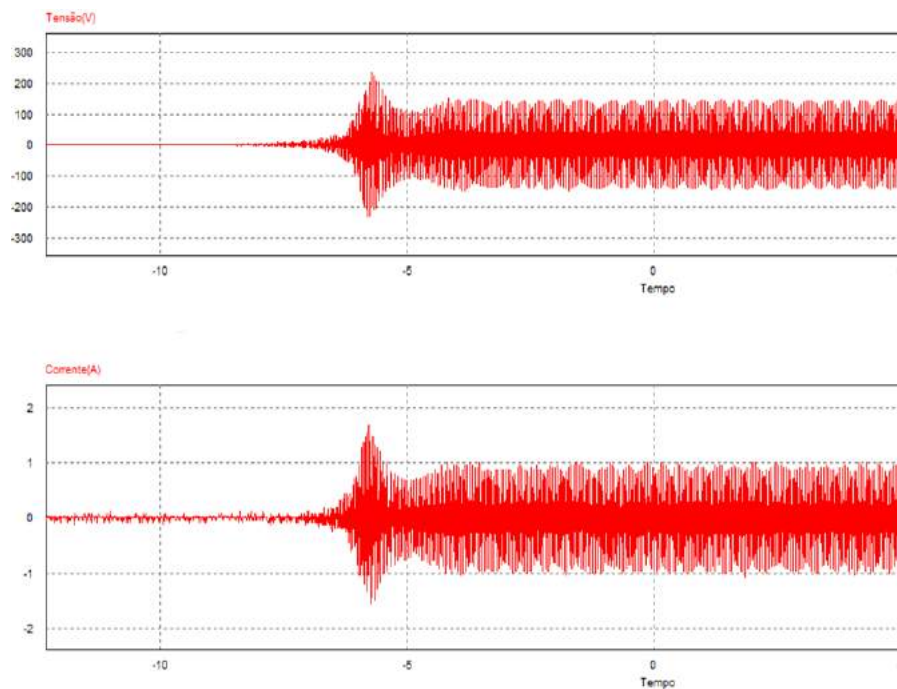


Figura 3 – Tensão e corrente após o início da geração no sistema

Para fazer uma comparação e uma melhor análise no resultado do sistema, foi realizada a montagem de uma bancada que utilizava um motor acionado por inversor de frequência acoplado ao gerador de indução. A Fig. 4 mostra o resultado para este caso.

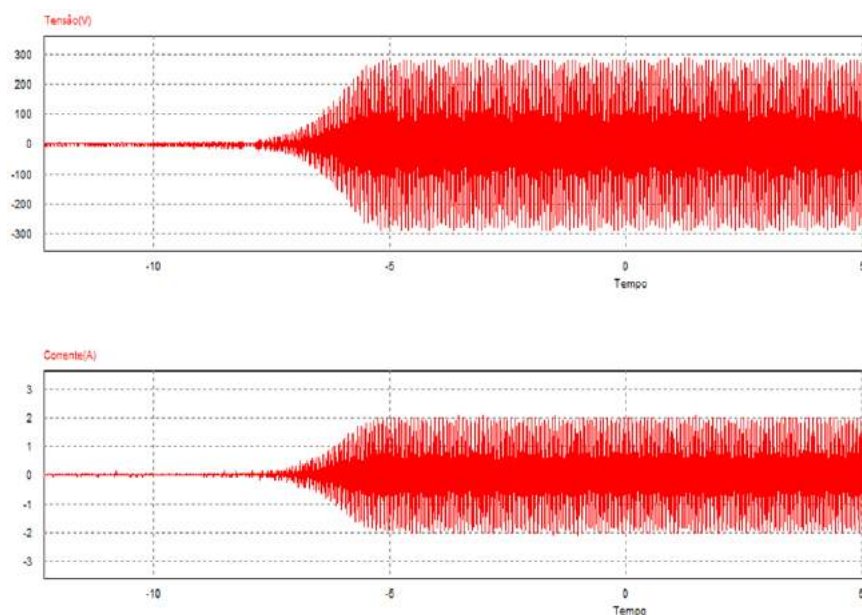


Figura 4 – Tensão e corrente após o início da geração no sistema com inversor

Pode-se observar que na Fig. 3 há uma elevação de corrente e tensão na partida do gerador, ocasionado devido ao sistema de bomba funcionando como turbina (BFT) não ter um controle específico de velocidade de rotação e torque disponível no eixo. Com isso, ocorre essa elevação quando se dá a magnetização do gerador, mas em seguida as grandezas elétricas geradas se mantêm em regime permanente. Por outro lado, na Fig. 4, devido ao inversor fornecer uma rampa de aceleração até a velocidade necessária para tornar possível a operação como gerador de indução, há uma magnetização mais controlada, ocasionando menor oscilação da tensão e corrente na partida do gerador.

Em relação à diferença entre a tensão e corrente elétrica gerada no sistema BFT e no sistema com inversor de frequência, o torque aplicado ao eixo do gerador altera seu valor, consequentemente no sistema de BFT o gerador não apresentará a sua máxima potência, pois há menor conjugado aplicado ao eixo. Na Fig. 5 é identificada essa diferença.

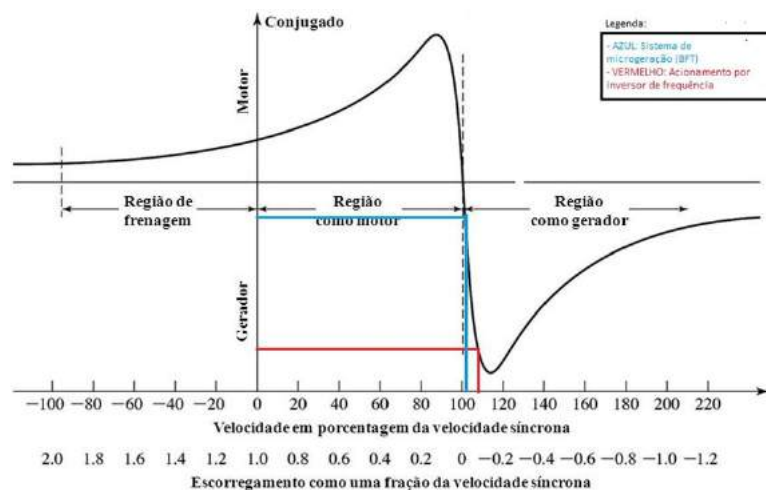


Figura 5 – Conjugado versus velocidade síncrona

Neste caso, como no sistema de microgeração de energia utilizando a bomba centrífuga funcionando como turbina se obteve aproximadamente 1% acima da velocidade nominal do gerador, o torque que foi aplicado ao seu eixo é menor quando comparado ao sistema que foi acionado por inversor, tendo 8% acima da velocidade nominal.

Além disso, com a realização dos testes do sistema de microgeração, foi possível descobrir o diferencial de pressão entre a entrada e saída da BFT, sendo estes dados necessários para avaliação e validação do protótipo para ser empregado na substituição das válvulas redutoras de pressão em redes de distribuição hidráulicas. Neste caso, as informações coletadas nos manômetros instalados foram as seguintes:

- Entrada da bomba: 1,5 kgf/cm²
- Saída da bomba: 1,0 kgf/cm²

De posse dessas informações e com outros testes realizados variando a pressão, é possível determinar que a bomba escolhida funcionando como turbina proporcione a queda de pressão de 0,5 kgf/cm² sendo esta praticamente constante dentro dos parâmetros de operação.

Com isso, comprova-se que este modelo de bomba escolhida pode ser empregado para ser usado em substituição de válvulas redutoras de pressão em redes de distribuição hidráulicas, mantendo uma redução de pressão 0,5 kgf/cm² constante.

Em virtude disso, os resultados obtidos são concordantes à literatura da área, pois ressaltam que a microgeração de energia a partir de bombas funcionando como turbina é viável, adicionando os efeitos de microgeração de energia com o reaproveitamento da potência dissipada nas válvulas redutoras de pressão.

CONCLUSÕES

Após este estudo pode-se concluir que por meio de ensaios, testes e simulações computacionais a microgeração de energia a partir de sistemas que utilizam bomba centrífuga operando como turbina hidráulica acoplada a um gerador de indução trifásico se torna possível.

A elaboração da plataforma de emulação no aplicativo PSIM em conjunto com os dados obtidos pelos testes realizados em bancada proporcionou agregar, de forma direta e indireta, os valores calculados e definidos para a operação da turbina e gerador com a demonstração dos resultados em regime transitório e permanente do sistema.

Os resultados obtidos se aproximam do comportamento dinâmico das turbinas e geradores de indução, comprovando que os valores calculados estão próximos dos parâmetros para operação do sistema, possibilitando sua validação.

A aplicação desse sistema para substituição das válvulas redutoras de pressão se mostrou viável, mas, como demonstrado, deve ser feita uma análise individual para cada caso de instalação. Esse diagnóstico é necessário para avaliar os dados de altura e vazão, com o objetivo de se obter uma aproximação na queda de pressão com relação ao rendimento da bomba e, assim, escolher o modelo ideal de bomba a funcionar como turbina.

Em virtude do que foi desenvolvido neste projeto, pode-se concluir que o sistema de microgeração de energia utilizando bomba centrífuga operando como turbina hidráulica acoplada a um gerador de indução trifásico é viável, tornando-se mais uma opção dentre outras fontes geradoras de energia.

REFERÊNCIAS

CHAPMAN J. S. **Fundamentos de Máquinas Elétricas. 5ª ed.** AMGH Editora Ltda; 2013.

DIAS, P.H.F. **Simulação do gerador de indução trifásico auto excitado por meio de capacitores.** Universidade Federal de Viçosa. Centro De Ciências Exatas E Tecnológicas. Departamento De Engenharia Elétrica; 2012.

FITZGERALD, A.E et al. **Máquinas Elétricas 6ª ed.** Editora Bookman; 2006.

FONTANA, N. et al. **Losses Reduction and Energy Production in Water-Distribution Networks.** Journal of water resources planning and management © asce / may/june; 2012.

LIMA, G. et al. **Integração de Microcentrais Hidrelétricas Utilizando Bombas Funcionando como Turbina e Gerador de Indução.** The 10th Latin-American Congress On Electricity Generation And Transmission - CLAGTEE; 2013.

SONSOSKI A. **Produção de energia por mini e micro hidrelétricas na rede de distribuição de água.** Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; 2015.



Área/Linha de Pesquisa: Automação Industrial
Área do Conhecimento ou Área Temática: Controle de Processos



ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE AUTOMAÇÃO PARA UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA SUINOCULTURA

Aluno: Rodrigo Koproski

Orientador: Prof. Esp. Fernando Luis Tartari Peres

INTRODUÇÃO

A suinocultura no Brasil vem crescendo consideravelmente nas últimas décadas, segundo Guimarães et al. (2017), no ano de 2015 o país foi o quarto maior produtor e exportador mundial de carne suína, fruto de estudos e investimentos na criação de suínos bem como de uma considerável evolução na produtividade das granjas e também de resultados alcançados a partir de estudos e investimentos na criação de suínos.

O Brasil é um país que possui condições favoráveis tanto geográficas quanto climáticas para a produção de suínos. Andreazzi et al. (2015) afirmaram que o aumento contínuo da população mundial se associa à necessidade em se incrementar a produção de alimentos, tanto de origem vegetal quanto animal, contudo, este incremento resulta em maior geração de dejetos nas cadeias produtivas. Estes resíduos e dejetos, quando não tratados ou manejados corretamente, causam prejuízos ambientais incalculáveis, pois são danosos ao meio ambiente, podendo contaminar lençóis freáticos e cursos d'água, (ANDREAZZI et al., 2015, apud SEBRAE, 2015). A cadeia produtiva de suínos do Brasil é caracterizada por sistemas intensivos de produção, e uma das principais características desse sistema é a alta concentração de animais em pequenas áreas geográficas, ocasionando um elevado volume de dejetos e uma concentração excessiva de nutrientes presentes em pequenas extensões de terra.

Segundo Kunz, Higarashi e Oliveira (2005) o correto manejo e tratamento dos dejetos suínos deve ser considerado parte do processo produtivo, exigindo critérios técnicos para a escolha da tecnologia e o nível de tratamento desejado.

Araújo, Montenegro e Maranguape (2016) também afirmaram que o tratamento dos dejetos na suinocultura deve ser analisado sobre vários enfoques, com a finalidade preservacionista, agrônômica e sanitária. O que torna esse manejo muito importante, por impactar de diversas formas o meio ambiente, assim como pode ter um retorno financeiro para o produtor.

Ainda de acordo com Araújo, Montenegro e Maranguape (2016) a padronização dos procedimentos, bem como a automação de alguns sistemas, pode ser considerada como uma necessidade em estações de tratamento de efluentes, trazendo assim uma maior facilidade de operação e o incremento e sustentação de seu desempenho técnico.

Embora, diferentemente de outros sistemas de tratamento de efluentes, como lagoas de tratamento, por exemplo, um Sistema de Tratamento de Efluentes da Suinocultura (SISTRATES) apresenta certa complexidade de operação, ocorrendo algumas dificuldades na sua rotina operacional. O aspecto construtivo das instalações, a declividade do terreno o descarte de lodo e a característica do dejetos de suíno, são fatores que podem dificultar a operação, (KUNZ et al., 2009).

De acordo com Kunz et al. (2006) para que este tipo de sistema seja transferido e utilizado pelo setor produtivo nacional, se faz necessária a capacitação de mão-de-obra para tomada de decisão e

operação destes sistemas, fazendo que o conhecimento técnico dê lugar ao empirismo. Kunz (2008) também afirma que o último e mais importante ponto, diz respeito a capacitação do pessoal responsável pela operação dos sistemas de tratamento. Na maioria dos casos o insucesso do tratamento está relacionado a erros humanos, causados pela má operação dos sistemas. Este pessoal deve receber constante capacitação e entender claramente a importância do processo e como ele funciona, tendo subsídios para a tomada de decisões. Caso o fator humano seja desconsiderado qualquer opção tecnológica adotada estará fadada ao insucesso.

Neste contexto este trabalho apresenta o estudo e desenvolvimento de automação para um SISTRATES utilizando um Controlador Lógico Programável (CLP) série TPW04 da fabricante WEG, onde será realizada a programação da lógica de controle e a simulação do processo. O sistema de automação será interligado a um sistema supervisório implementado por Oliveira (2018) através do software ScadaBR, fazendo uso de um conversor USB/RS485 para validação do projeto.

MATERIAL E MÉTODOS

Após um estudo do *layout* do sistema (Fig. 1) onde foram identificados todos os processos, foi proposto um projeto de automação para cada módulo do SISTRATES. Esta etapa consistiu no planejamento da programação onde foram desenvolvidos 18 fluxogramas dos equipamentos que compõem o sistema.

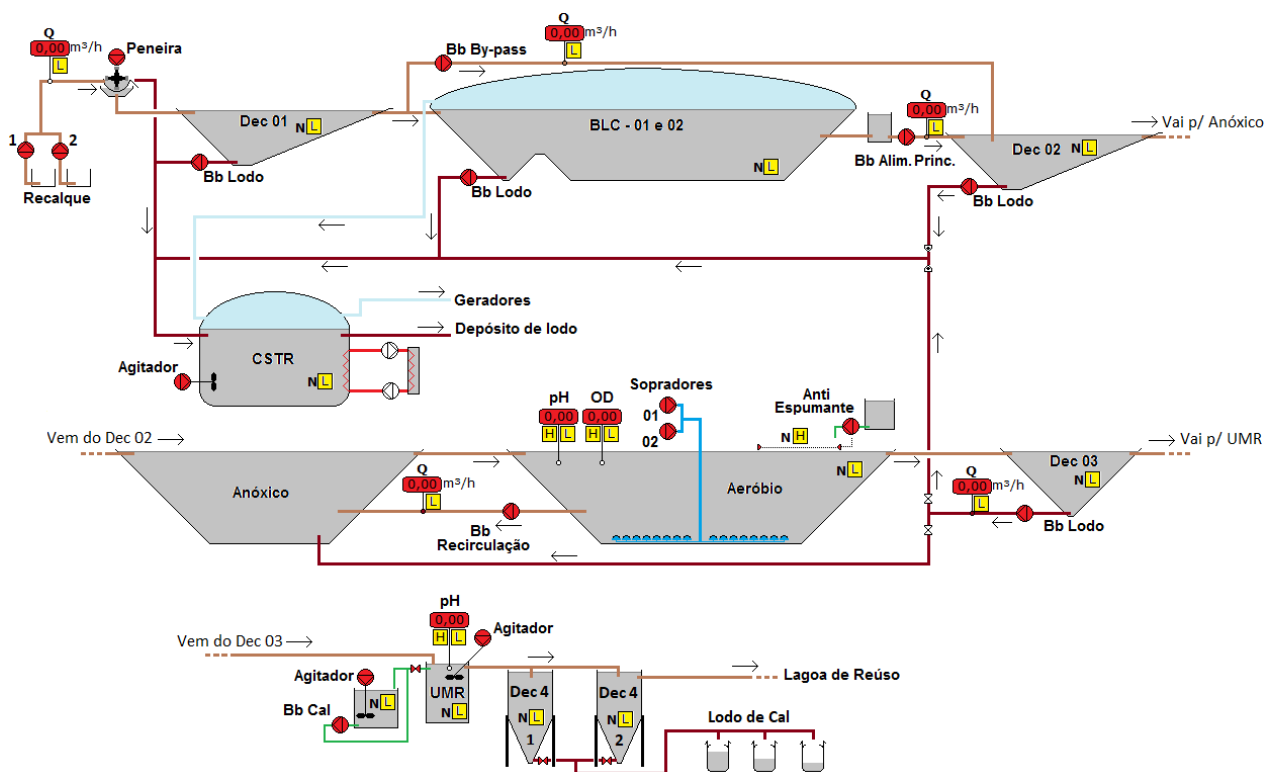


Figura 1 – Layout do SISTRATES

Para a programação do CLP foi utilizado o *software* Editor TPW-PCLINK onde foram utilizadas 31 entradas e 18 saídas binárias e 8 entradas analógicas. A programação foi desenvolvida utilizando a linguagem *ladder* e seguiu todos os parâmetros necessários para ser fiel aos fluxogramas desenvolvidos.

O CLP utilizado no projeto foi o TPW04-360BR-D da fabricante WEG. Este CLP caracteriza-se por ser compacto e ter uma excelente relação custo-benefício. É um equipamento dedicado para automação, idealizado para ser utilizado em aplicações de pequeno e médio porte e é capaz de desempenhar diversas tarefas como: intertravamento, temporização, contagem, funções aritméticas e controle PID. Pode substituir com vantagens equipamentos convencionais como contadores, temporizadores e contadores eletromecânicos, reduzindo assim o espaço necessário em painéis e quadros de comando, facilitando de forma significativa atividades de manutenção.

Após desenvolver a programação, foi utilizado o próprio *software* Editor TPW-PCLINK para fazer a simulação computacional. Nesta etapa, foram realizados testes nas entradas e saídas para verificar o comportamento da programação e realizar ajustes necessários em endereçamento e configuração dos contatos na lógica de programação. Neste ambiente do *software* é possível visualizar on-line o diagrama em *ladder* e o estado da programação passo a passo. Também é possível monitorar e forçar a alteração do estado ou valor de qualquer variável do programa, seja ela binária ou analógica. Essa característica do programa facilitou muito os testes de funcionamento da lógica de programação do sistema e também os testes de comunicação do CLP com o sistema supervisor.

O sistema de automação foi interligado a um sistema supervisor (Fig. 2) desenvolvido por Oliveira (2018) no ScadaBR que é um software livre, gratuito e de código-fonte aberto, muito utilizado para aplicações de automação, aquisição de dados e controle supervisor. O protocolo utilizado para a comunicação entre o ScadaBR e o CLP foi o Modbus RTU serial. A escolha deste protocolo se deu em função de que o CLP TPW04 utilizado no projeto possui este protocolo integrado, ou seja, não é necessário realizar nenhum tipo de configuração adicional no CLP, bastando apenas mapear os endereços dos pontos desejados do protocolo e utilizá-los na lógica de programação.

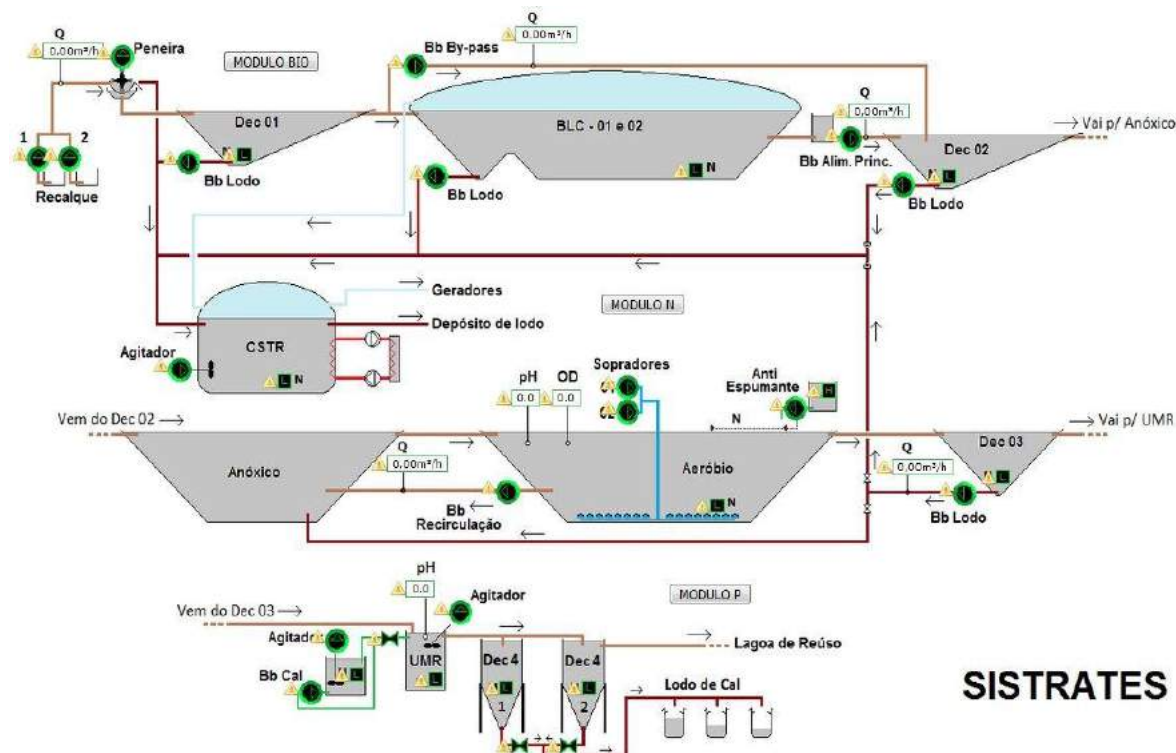


Figura 2 – Representação gráfica do sistema supervisor

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi analisado o comportamento do sistema de automação em duas etapas: a primeira utilizando o modo de simulação (Fig. 3) do software de programação do CLP e na segunda etapa foi montada uma bancada de testes (Fig. 4) utilizando o CLP da WEG TPW04-360BR-D, um conversor USB/RS485 da Novus e o sistema supervisor onde foi analisado o comportamento do sistema de automação quando interagindo com o sistema supervisor.

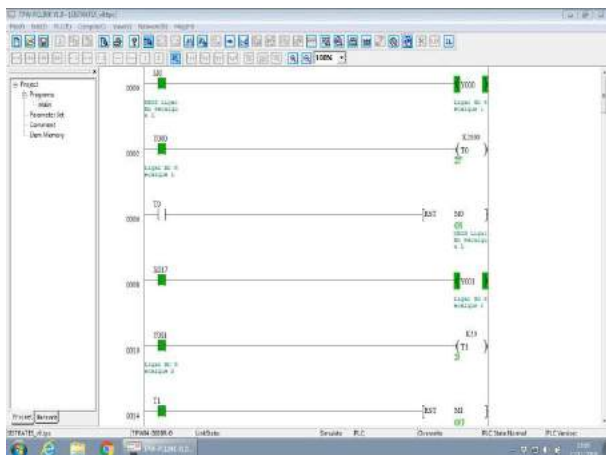


Figura 3 – Tela de simulação

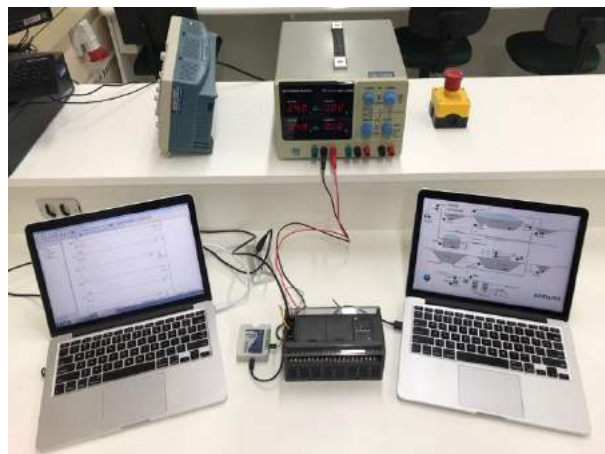


Figura 4 – Bancada de testes

Foram realizados testes nas variáveis do processo utilizando o próprio software TPW-PCLINK da WEG onde foram testados os fluxos dos equipamentos de cada módulo em um dos computadores e visualizados no sistema supervisor no outro computador com o ScadaBR instalado. Desta forma foi possível observar melhor o funcionamento da programação e realizar ajustes nos endereços de comunicação. Os testes realizados se mostraram satisfatórios comprovando o correto funcionamento da programação realizada.

CONCLUSÕES

Considerando a construção do projeto de automação para um sistema de tratamento de efluentes da suinocultura, foi proposto um trabalho que trouxesse soluções simples visando agregar valor ao sistema. Assim, especificou-se o fluxograma de funcionamento do sistema, programação e simulação utilizando CLP, interligação do sistema de automação a um sistema de supervisão e aquisição de dados e apresentação dos resultados obtidos.

Podemos citar diversos benefícios com o uso da automação em um sistema de tratamento de efluentes da suinocultura, dentre eles os mais importantes são a padronização dos processos e a simplificação da rotina operacional, assim como a diminuição de erros causados pelo fator humano, incrementando e sustentando seu desempenho técnico.

O sistema de automação proposto neste trabalho, apresentou-se eficiente e atingiu todos requisitos necessários para ser aplicado em uma planta em escala real.

REFERÊNCIAS

ANDREAZZI, M. A. et al. Destinação dos resíduos da suinocultura em granjas das regiões noroeste e sudoeste do Paraná. **Revista Eletrônica em Gestão**, p. 744–751, 2015.

ARAÚJO, N. S.; MONTENEGRO, R. C.; MARANGUAPE, J. S. Uso de Tecnologias no Tratamento de Dejetos de Suínos para redução dos Impactos Ambientais. **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, p. 1–8, 2016.

GUIMARÃES, D. et al. Suinocultura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. **BNDES Setorial | Agroindústria**, v. 1, n. 45, p. 85–136, 2017.

OLIVEIRA, M. V. d. M. **Estudo e desenvolvimento de um sistema de supervisão e aquisição de dados ao monitoramento do tratamento de efluentes da suinocultura**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso - URI, Erechim, 2018.

KUNZ, A. Tratamento de dejetos: desafios da suinocultura tecnificada. **agronline.com.br**, v. 00, p. 1–4, 2008. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=382>>.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. D. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 3, p.651–665, 2005. ISSN 0104-1096.

KUNZ, A. et al. Boas práticas de gerenciamento para melhorar a operação de um Sistema de Tratamento de Dejetos de Suínos. p. 89–93, 2009.

KUNZ, A. et al. Estação de Tratamento de Dejetos de Suínos (ETDS) como alternativa na redução do impacto ambiental da suinocultura. **Comunicado Técnico 452. Embrapa Suínos e Aves.**, p. 6, 2006.



Área de Pesquisa: Processamento de Energia
Área do Conhecimento: Eletrônica de Potência
GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA POR MEIO DE UM GERADOR
SÍNCRONO DE ÍMÃS PERMANENTES TRIFÁSICO
CONECTADO A UMA REDE MONOFÁSICA

Aluno: Suelen Rosset

Orientador: Cássio Luciano Baratieri

INTRODUÇÃO

De acordo com os avanços tecnológicos da eletrônica de potência, assim como com a necessidade energética mundial, torna-se válido investigar novos meios para a inserção de energias renováveis. Desse modo, os principais objetivos para a utilização das fontes primárias de energia elétrica, estão atreladas a minimizar os efeitos dos gases poluentes oriundos dos combustíveis fósseis, bem como maximizar a matriz energética atual. Sabe-se que a matriz energética mundial depende mais de 85% dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) para a geração de energia elétrica, enquanto que somente 13% correspondem às energias renováveis. Além disso, essa topologia contribui para o aumento do efeito estufa, uma vez que a queima desses combustíveis emite uma quantidade significativa de gás carbônico na atmosfera (MOREIRA, 2017; GWEC, 2018).

Diante disso, incentivos para implantação de fontes de energia limpa e renovável foram atribuídos mediante o Protocolo de Kyoto em 1997. Em virtude desses incentivos, e por o Sol ser uma fonte de energia limpa, renovável e abundante, estudos para a geração fotovoltaica e eólica são tratados por diversos países. Além da energia fotovoltaica ser oriunda da incidência solar, o Sol influencia diretamente na geração eólica, visto que a energia cinética está relacionada com as velocidades de vento variáveis providas do aquecimento desigual das camadas de ar através do Sol, bem como pelas variações da superfície e de rotação da Terra. Ademais, essas velocidades variam, usualmente, entre 3m/s a 25m/s, de tal forma que são consideradas faixas de vento normais de 3m/s a 15m/s e turbulentos de 15m/s a 25m/s. Nos ventos turbulentos é necessário o controle aerodinâmico de potência da turbina para evitar danos a mesma (REIS, 2011; NETO; CARVALHO, 2012; MOREIRA, 2017).

Segundo GWEC (2018), a capacidade acumulada de energia eólica no mundo atualmente é de 539,58MW de potência e dessa capacidade, 52,57MW são considerados de parques eólicos em operação. Dentre os países geradores de energia eólica, a China, os Estados Unidos e a Alemanha são os países que possuem a maior capacidade de energia eólica mundial acumulada. Por sua vez, o Brasil, tem apresentado dados bastante significativos em relação a geração de energia eólica. No ano de 2017, ocorreu um aumento de 26,5% na capacidade acumulada de energia eólica, uma vez que a potência instalada atingiu um acréscimo de 2,02MW, contribuindo com 10,92% da matriz energética atual brasileira, na qual serve como complemento para as demais centrais geradoras de energia elétrica.

Nesse contexto, este trabalho propõe embasamento teórico, projeto e a simulação de um sistema de geração de energia eólica de pequeno porte, por meio de um gerador síncrono de ímãs permanentes trifásico, conectado a uma rede elétrica monofásica. Dessa forma, esse sistema consiste em converter energia cinética em energia mecânica para, posteriormente converter a energia mecânica em energia elétrica. O sistema proposto torna-se uma ferramenta importante na atualidade, especialmente por estar tratando-se de um aerogerador de baixa potência na escala de alguns kW. Além disso, a altura relacionada à torre eólica varia entre 10m a 50m de altura,

apresentando uma área de ocupação muito menor do que gerações de grande porte. Outro fator importante para essa proposta, deve-se a inviabilidade das redes elétricas trifásicas em locais isolados, já que o custo para essa topologia é alto comparando com o consumo tarifário do consumidor rural, assim como por ser uma das alternativas mais eficientes energéticas atuais.

MATERIAL E MÉTODOS

Para desenvolver o sistema proposto da Fig. 1 foram adotados seis procedimentos metodológicos. Primeiramente foi investigado o comportamento dinâmico da turbina eólica, baseado em uma turbina de eixo horizontal, três pás e ângulo de passo fixo. Posterior a esta etapa, foi analisada a modelagem matemática do gerador síncrono de ímãs permanentes trifásico.

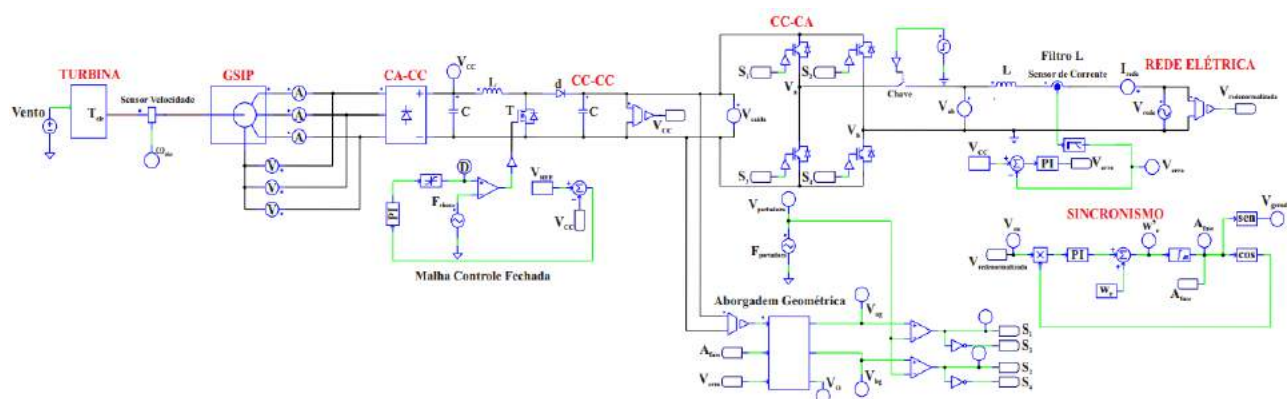


Figura 1 – Sistema de geração de energia eólica proposto

A conversão de energia elétrica foi realizada mediante os estágios de conversão CA-CC-CC-CA, cujos estágios são divididos em três etapas. A primeira etapa é referente a conversão CA-CC sendo essa realizada por meio de um retificador trifásico não controlado, o qual converte as tensões alternadas da saída do gerador em tensões contínuas no barramento CC de entrada. A segunda etapa compete a conversão CC-CC baseado em um conversor estático do tipo *Boost*, o qual serve para elevar a tensão de entrada do barramento CC, para 400V no barramento CC de saída. O conversor CC-CC é muito importante, visto que é necessário elevar a tensão devido ser um sistema conectado à rede elétrica monofásica.

A terceira etapa finaliza o sistema de conversão de tensão mediante um inversor de tensão monofásico em ponte completa CC-CA de três níveis. O sistema de controle aplicado ao inversor de tensão é a modulação por largura de pulso, do inglês *Pulse Width Modulation* (PWM), com transmissão de portadora através da abordagem geométrica. Desse modo, a tensão modulante (V_{ag} e V_{bg}), é comparada com a tensão da portadora, na qual irá gerar variados pulsos com amplitudes iguais, porém, com larguras diferentes. Além disso, esse elemento é de suma importância ao sincronismo à rede elétrica, visto que é a partir do valor médio entre os pulsos PWM que o sinal da onda alternada é reconstituído com tensão de linha (V_{ab}) de -400V, 0 e 400V, vide Fig. 2.

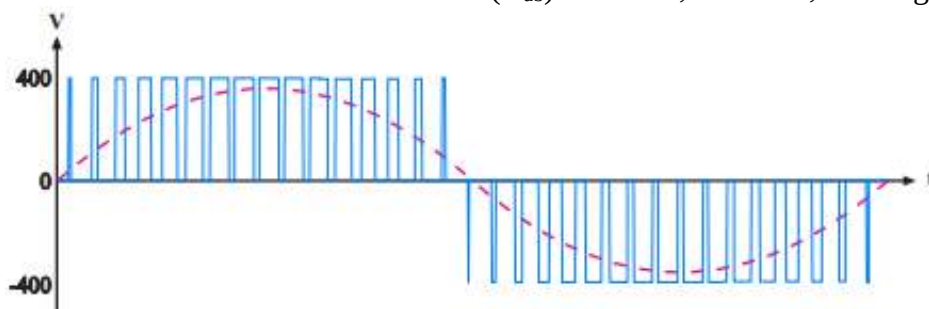


Figura 2 – Representação dos níveis de tensão gerados por meio do inversor monofásico

Em vista disso, as principais vantagens dessa abordagem é maximizar a capacidade de tensão ou de corrente nos conversores CC-CA, bem como minimizar o número de comutações e reduzir a taxa de distorção harmônicas da tensão ou corrente de saída, devido a magnitude e a frequência da tensão de saída estarem sendo controladas por chaveamentos adequados (RASHID, 1999; MOHAN; UNDELAND; ROBBINS, 2003).

Com base nisso e juntamente com o inversor monofásico, utilizou-se um filtro indutivo, capaz de mitigar as correntes harmônicas providas da frequência de comutação, para haver o sincronismo com a tensão da rede elétrica monofásica de 220V com ângulo zero. Ademais, acoplou-se o sistema de sincronismo PLL, do inglês *Phase Locked Loop*. Esse sistema, é baseado no rastreamento do ângulo de fase em quadratura por meio de um controlador proporcional e integral (PI), visto que esse controlador em regime permanente garante erro nulo (MARANGONI, 2012). Por fim, utilizou-se o aplicativo PSIM como meio de validação do sistema aerogerador proposto, aplicando ao sistema os parâmetros nominais, tais como: intensidade de vento de 12,5m/s e fator de potência de 0,98, afim de gerar 1kW de potência elétrica ativa na saída do sistema (limite máximo de operação do sistema).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mediante a metodologia apresentada, simulou-se dois sistemas em paralelo, iguais a Fig. 1, com o intuito de validar o sistema proposto através de um sistema ideal e de outro sistema calculado. Para comparar os resultados ideal e calculado, inseriu-se as equações do filtro L na modulação PWM por abordagem geométrica entrando apenas com a potência elétrica máxima do sistema. No primeiro circuito ideal, a tensão de entrada inserida foi a tensão de pico 313,8253V e o ângulo de fase em radianos de 0,03867rad. Em abordagem semelhante, no circuito calculado, o próprio sistema calculou a amplitude e a fase da rede, entrando apenas com a intensidade de vento nominal (12,5m/s) para a potência elétrica máxima (1kW), a reatância indutiva de 1,8849Ω e a tensão da rede elétrica monofásica convencional de 220V com ângulo de fase nulo.

Desse modo, a Fig. 1 apresenta a malha de controle aplicada ao conversor estático CC-CC. Observa-se que o somatório tem como função comparar a tensão (V_{CC}) provida do sensor de tensão com a tensão constante (V_{REF}) de 400V, ajustando assim a razão cíclica do sistema. Além disso, aplicou-se uma frequência de chaveamento de 15kHz, um controlador PI e um limitador numérico para a malha convergir na operação linear. Os ganhos aplicados ao controlador PI foram projetados empiricamente, sendo eles: K_p de 0,01 e o T_i de 200ms. A Fig. 3 e a Fig. 4 evidenciam tanto a tensão do barramento CC de saída do conversor estático CC quanto a tensão da rede reconstituída através da modulação por abordagem geométrica, respectivamente.

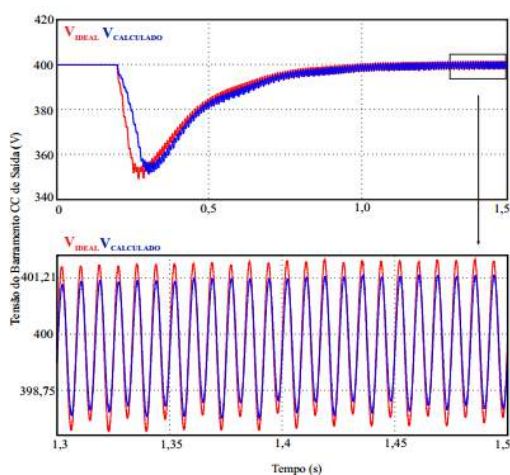


Figura 3 – Tensão do barramento CC de saída

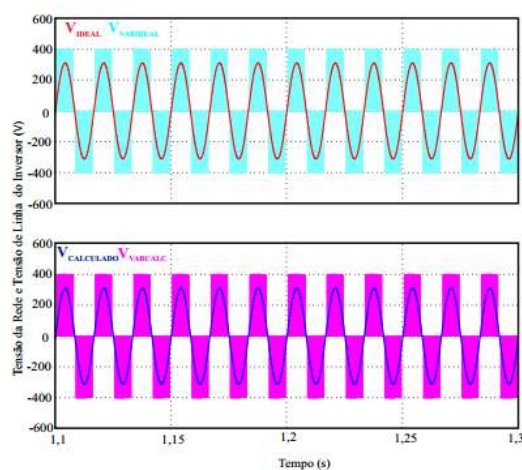


Figura 4 – Tensão da rede e tensão de linha do inversor

Dessa forma, com o intuito de garantir o desacoplamento entre o estágio CC-CA, por questão de projeto utilizou-se uma capacitância no barramento CC de saída de $3mF$. É importante ressaltar, que é a partir da tensão do barramento CC de saída que obtém-se a tensão de linha do inversor monofásico. A Fig. 3 apresenta pequenas oscilações entorno do valor médio, tanto para o circuito ideal, quanto para o circuito calculado. A tensão expressa como ideal possui um valor médio de 399,82V e a tensão calculada 399,81V, ambas apresentam valores satisfatórios de praticamente 400V. A pequena oscilação se deve a capacitância do barramento CC elevada, entretanto, essas oscilações visíveis nas formas de ondas ampliadas são oriundas das altas frequências presentes no conversor estático CC-CC juntamente com a ponte retificadora devido ao filtro capacitivo de entrada e a frequência de chaveamento da chave de potência. Assim como das baixas frequências oriundas das da modulação PWM do inversor de tensão monofásico.

Por outro lado, a Fig. 4 evidencia a tensão de linha gerada pela modulação PWM por abordagem geométrica (-400, 0 e 400), bem como a tensão da rede elétrica monofásica convencional. Desse modo, observa-se que tanto para tensão ideal, quanto para tensão calculada o sistema apresentou as mesmas características em regime permanente, ou seja, o período ideal é similar ao mesmo período calculado, isso se deve, devido ao erro de sincronismo ser praticamente nulo, mostrando resultados satisfatórios. Além disso, observa-se que a tensão eficaz do sistema é de aproximadamente 225,03V, tanto para o circuito ideal, quanto para circuito calculado, implicando em uma tensão de pico de 318,2405V, próximo ao valor do projeto do filtro L. O fato dos dois sistemas obterem a mesma amplitude e fase é devido ao barramento CC de saída do conversor *Boost* garantir o desacoplamento entre as etapas de conversão de tensão.

A Fig. 5 apresenta a tensão de saída em quadratura com a rede. Observa-se que as tensões da rede elétrica normalizadas estão em quadratura com a tensão de saída gerada pelo PLL, ou seja, quando as tensões da rede elétrica estiverem em quadratura com a tensão gerada pelo PLL significa que o sistema encontra-se em sincronismo. Além disso, para ambos os casos as tensões estão bem próximo a um (0,999V). De outra maneira a Fig. 6 apresenta o erro de sincronismo entre a rede elétrica e o detector de fase em quadratura.

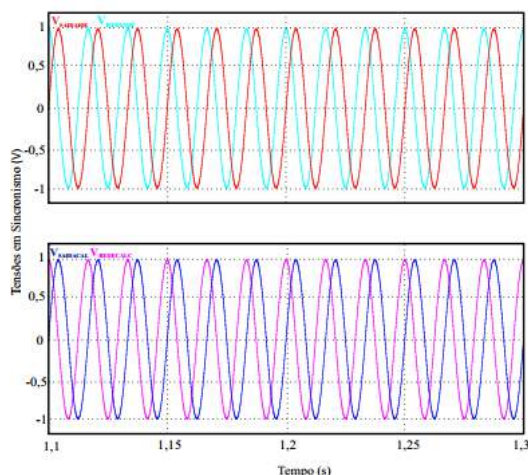


Figura 5 – Tensão da rede em quadratura com a tensão da rede

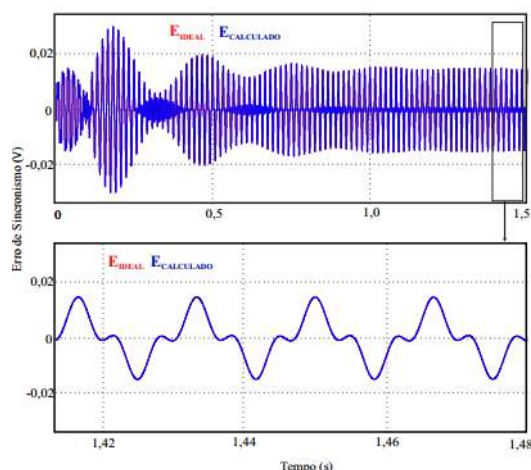


Figura 6 – Erro de fase

Nota-se que o erro de sincronismo ficou abaixo de 2%, o que significa que o sistema atingiu resultados satisfatórios possuindo média de aproximadamente 0,045%. Mesmo o sistema apresentando resultados de sincronismo aceitáveis, percebe-se que o sistema perdeu eficiência na geração de energia ativa.

A Fig. 7 ilustra a frequência angular gerada por meio do somatório do erro filtrado em rad/s e a frequência angular de referência de $377rad/s$, assim como a Fig. 8 apresenta o ângulo de fase.

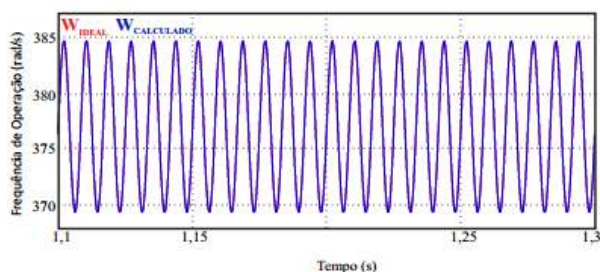


Figura 7 – Frequência angular gerada

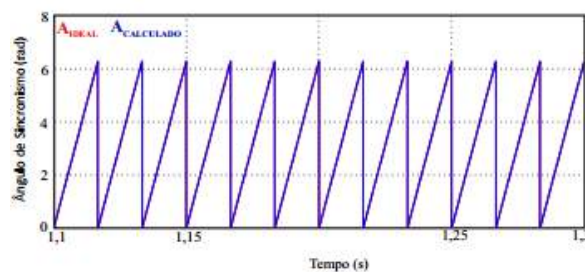


Figura 8 – Ângulo de fase

Observa-se que na Fig. 7 o valor médio para ambos os casos foi de $376,84rad/s$, apresentando oscilações entorno do valor médio bem pequenas, nas quais evidenciam que a malha de sincronismo está funcionando adequadamente. Esse valor é inserido ao oscilador controlado por tensão. Em seguida, ele é comparado com o valor de referência e quando apresentar erro de fase nulo, ou bem próximo a zero, o sistema inicia o sincronismo com a rede elétrica.

O ângulo de sincronismo evidenciado na Fig. 8, representa os dois sistemas simulados em paralelo. Nesse caso, nota-se que para ambos os casos o ângulo atinge 2π radianos, um ciclo completo. Além disso, esse ângulo é um valor de entrada na abordagem geométrica, afim de comparar o ângulo gerado pelo PLL e o calculado através do filtro L. A Fig. 9 mostra a potência elétrica gerada total do sistema.

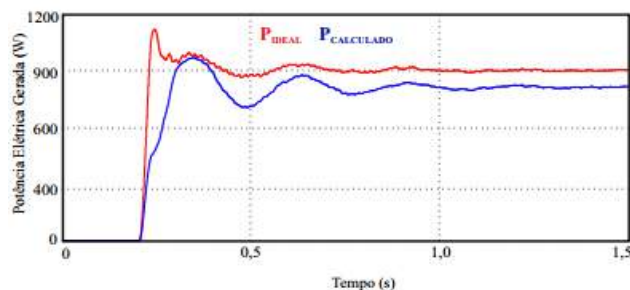


Figura 9 – Potência elétrica gerada

Nesse contexto, percebe-se que a potência elétrica gerada para o sistema ideal é de $905,76W$, enquanto que para o sistema calculado apresentou $817,80W$. Nesse caso percebe-se que a perda de potência do sistema calculado é maior que a do sistema ideal, apesar de as oscilações nas formas de ondas serem menores para o sistema calculado. Essa deficiência no sistema, está vincula a diversos fatores, como por exemplo, ao erro de sincronismo. Ademais, baseado na malha de sincronismo, o sistema comportou-se de forma adequada atingindo resultados satisfatórios.

CONCLUSÕES

Este artigo apresenta o embasamento teórico, projeto e a simulação de um sistema de geração de energia eólica de pequeno porte, baseado em um aerogerador de $1kW$ de potência, bem como em uma turbina de eixo horizontal composta de três pás e com ângulo de passo fixo. Com base nisso, o princípio básico para desenvolvimento do trabalho proposto, iniciou-se a partir da contextualização do tema, bem como da justificativa atrelada a proposta. Desse modo, fez-se necessário realizar uma

revisão de literatura, afim de escolher os elementos que irão compor o sistema eólico, desde a escolha da turbina eólica, até mesmo a técnica de sincronismo adotada ao sistema.

Com base nisso, ao longo do trabalho percebeu-se que o sistema possui algumas limitações vinculadas a ponte retificadora de diodos não controlados e o conversor estático do tipo *Boost*, devido a influência das indutâncias internas do gerador elétrico, das altas e baixas frequências.

Dessa forma, tanto o projeto barramento CC de entrada, quanto o do barramento CC de saída influenciaram no modo de operação do *Boost*, visto que quando utilizava-se a capacitância do projeto do filtro capacitivo de entrada do conversor a corrente do indutor tocava em zero mudando o modo de condução de contínuo para descontínuo. Em vista disso, optou-se em utilizar uma capacitância um pouco menor ($1100\mu F$) para o sistema permanecer no modo de condução de escolha (MCC).

Além disso, observou-se que quanto maior a capacitância do barramento CC saída menor as ondulações da tensão entorno do valor médio. Para isso, fez-se um teste com uma capacitância de $4mF$ e foi perceptível a redução das ondulações geradas pelas baixas frequências. Entretanto, com o intuito de manter um sistema harmônico, por questão de projeto, optou-se em utilizar $3mF$. Desse modo, percebe-se que o controle em malha fechada baseado na tensão de saída para garantir 400V no barramento CC saída, apresentou resultados satisfatórios. Embora os ganhos do controlador PI tenham sido sintonizados empiricamente.

Em consequência do projeto do barramento CC de saída ser mais robusto, ocorre o desacoplamento no estágio de conversão de tensão CC-CA. Ademais, tanto o sistema ideal quanto para o calculado apresentou resultados satisfatórios em todas as etapas de operação, desde a turbina até o sincronismo à rede, resultando em um sincronismo com o mínimo de erro entre as fases.

REFERÊNCIAS

GWEC. **Global Wind Energy Council**, 2018.

MARANGONI, F. **Inversores Monofásicos para Conexão de Sistemas Fotovoltaicos à Rede**. Dissertação (Mestrado), 2012.

MOHAN, N.; UNDELAND, T. M.; ROBBINS, W. P. **Power Electronics: Converters, Applications and Design**. 3ª. ed. New York: Wiley, 2003

MOREIRA, J. R. S. **Energias Renováveis, Geração, Distribuída e Eficiência Energética**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2017.

NETO, M. R. B.; CARVALHO, P. C. M. **Geração de Energia Elétrica Fundamentos**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Érica, 2012.

RASHID, M. H. **Eletrônica de Potência: Circuitos, Dispositivos e Aplicações**. 1ª. ed. São Paulo: Makron Books, 1999.

**Área/Linha de Pesquisa: Geração de Energia****Área do Conhecimento ou Área Temática: Energia solar fotovoltaica****ESTUDO DE SISTEMAS DE RASTREAMENTO SOLAR PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS****Aluno: Tailan Orlando****Orientador: Claodomir Antonio Martinazzo****INTRODUÇÃO**

Em relação a geração de energia fotovoltaica mundial, os países que no ano de 2015 possuíam um maior avanço na área de utilização da energia proveniente do Sol, eram a Alemanha, a Itália, o Japão, a Espanha e os Estados Unidos. Esses países chegaram a deter a 88% da potência instalada mundial. O Brasil é um país abundante em radiação solar, e com a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL que permite ao pequeno produtor injetar energia na rede, a implantação de novos pontos de geração fotovoltaica cresce continuamente. (MACHADO; MIRANDA, 2015).

Dentre os métodos que possibilitam aumentar a eficiência de sistemas fotovoltaicos, Stamatescu et al. (2014), apresentaram três métodos como principais. Um dos métodos consiste em pesquisas na construção das células que convertem a energia solar em elétrica, também aplicam-se métodos baseados 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 de módulos.

Percebendo a necessidade de aumentar a eficiência dos módulos fotovoltaicos, e diante da possibilidade de aumentar a radiação solar incidente no módulo fotovoltaico, tornando-o perpendicular aos raios solares, o uso de técnicas de rastreamento solar tornam-se indispensáveis para o projeto de novas instalações.

Este trabalho apresenta um breve embasamento para a compreensão da energia solar e a maneira como se comporta a radiação na superfície terrestre e em diferentes planos orientados. De acordo com Badescu (2008), a parte da radiação extraterrestre que ultrapassa a atmosfera terrestre é absorvida ou sofre dispersão. A porção de radiação que não sofre dispersão e continua na mesma direção é chamada de radiação direta (I_b).

A porção dispersa é chamada de radiação difusa (I_d). De acordo com Liu e Jordan (1960), é resultado do desvio da radiação extraterrestre ao ultrapassar por camadas de vapor d'água, poeira, ozônio, aerossóis e outros gases. A soma das parcelas direta e difusa resultam na radiação global (I_g). Parte desta radiação é refletida, seja pelas camadas da atmosfera ou pela superfície terrestre, essa porção é conhecida como radiação refletida (I_r).

De acordo com Duffie e Beckman (2013), estimar a radiação que incide sobre uma superfície é necessário encontrar a direção de cada componente da radiação direta e difusa. A radiação total que incide numa superfície pode ser representada pela equação (01), onde os subscritos *iso*, *cs* e *hz* referem-se a parcela isotrópica, circunsolar, e horizontal, respectivamente, da radiação difusa e ρ_g é o albedo do solo local.

$$I_T = I_b + I_{d,iso} + I_{d,cs} + I_{d,hz} + I_g \rho_g \quad (01)$$

De acordo com Villalva (2015) e Stamatescu et al. (2014), a radiação solar interfere diretamente na corrente gerada por um módulo fotovoltaico. Quanto maior a radiação que chega no módulo, maior será sua geração. A figura 1 mostra a uma curva característica de um módulo fotovoltaico, onde é possível observar corrente gerada para diferentes níveis de radiação.

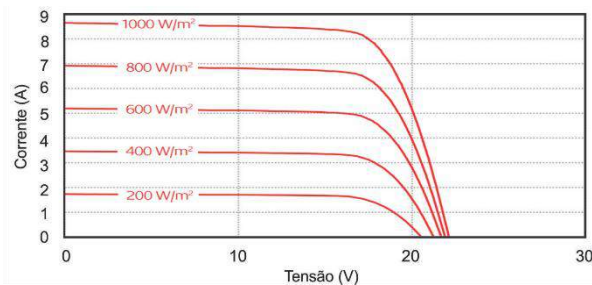


Figura 1 – Curva I - V para diferentes valores de radiação

Um seguidor solar é um mecanismo desenvolvido com o intuito de guiar uma estrutura de acordo com a movimentação aparente do Sol. Sua utilização baseia-se no desejo em obter-se a máxima captação de radiação direta sobre uma superfície, aumentando assim a eficiência energética do sistema quando comparado a sistemas fixos. Para geração fotovoltaica, considerando que um sistema de seguidor solar pode representar um aumento de cerca de 20% nos custos do projeto, a produção de energia pode aumentar até 40%, isso torna o uso desse tipo de sistema muito atrativo. (GIL et al., 2009).

Os seguidores solares podem ser classificados conforme suas características de instalação e orientação. Um sistema de seguidor solar pode possuir um único eixo e então apresentar as configurações de seguidor horizontal, vertical (azimutal) ou polar. Um sistema de dois eixos pode ser construído na forma horizontal-vertical. (MOUSAZADEH et al., 2009).

Para Oliveira (2008), o seguidor vertical e horizontal é um sistema de dois eixos que apresenta um eixo responsável pela altitude solar e um eixo responsável pelo ângulo de azimute. Por apresentar um ótimo desempenho na captação da radiação direta é utilizado, além da geração fotovoltaica, em sistemas concentradores com a utilização de espelhos ou lentes.

De acordo com Fuentes et al. (2014), para entender o comportamento da conversão em um módulo fotovoltaico é muito importante mensurar o valor das grandezas associadas a ele. Existem um vasto número de parâmetros a serem observados em um módulo fotovoltaico, dentre eles destacam-se tensão elétrica, corrente elétrica, irradiação, temperatura, etc. Para isso, foram construídos voltímetros e amperímetros, a fim de obter os valores de energia convertidos pelos módulos, possibilitando comparar os sistemas em questão.

MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de avaliar o desempenho dos sistemas de geração, realizou-se a simulação matemática de um modelo que representasse o comportamento da radiação solar sobre uma superfície, bem como o modelo de um módulo fotovoltaico para possibilitar uma estimativa do aumento da eficiência de geração. A simulação foi desenvolvida com o auxílio do software MATLAB, onde foram apresentados os parâmetros e informações necessárias para a simulação, bem como as equações do modelo para as três configurações de módulos.

A radiação total incidente foi simulada para três casos distintos. Um módulo horizontal, um módulo com inclinação fixa, e um módulo com seguidor solar. Para cada caso a radiação total instantânea foi estimada levando-se em consideração a cidade de Erechim, Rio Grande do Sul,

Brasil, que possui latitude de $-27,63^\circ$. Considerou-se para a simulação todos os dias com insolação total sem nuvens. O módulo fixo foi instalado com inclinação de 32° , conforme recomendação da maioria dos fabricantes para a latitude em questão.

O sistema de seguidor solar proposto neste trabalho é baseado no sistema de orientação horizontal e vertical. O sistema possui uma base giratória, que permite a movimentação no eixo normal a superfície terrestre, e uma articulação que permite alterar a inclinação do módulo. Dois *encoders* ópticos foram instalados nos eixos do sistema, os quais informam a posição exata de cada eixo para o microcontrolador.

O algoritmo desenvolvido para o posicionamento de um módulo fotovoltaico foi baseado em um seguidor ativo de data e hora, que se orienta por meio das equações fundamentais da geometria solar. Com o auxílio de um RTC (do inglês Real Time Clock) é possível calcular exatamente a posição instantânea do Sol. Com isso, é possível calcular o azimuth e a inclinação do módulo para que os raios solares incidam perpendicularmente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A orientação da superfície interfere diretamente na magnitude da radiação solar que incide sobre ela. A figura 2 mostra a radiação total incidente em um plano horizontal no dia 21 de dezembro, bem como suas componentes direta, difusa e refletida. Nota-se a grande influência da radiação direta na composição da radiação total e o fator nulo da radiação refletida.

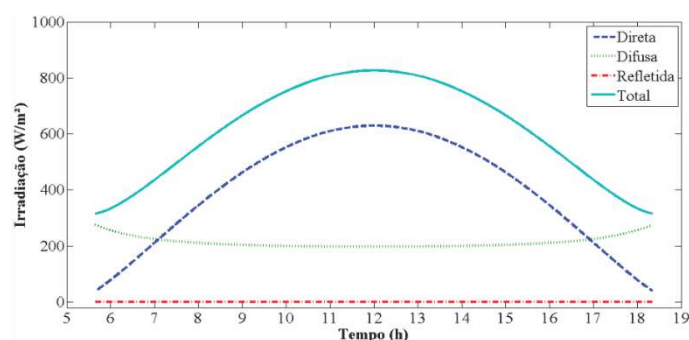


Figura 2 – Radiação direta, difusa, refletida e total sobre uma superfície horizontal no dia 21 de dezembro

A figura 3 mostra a radiação total em um plano inclinado em 32° no dia 21 de dezembro, bem como suas componentes direta, difusa e refletida. O comportamento é semelhante a superfície horizontal, salvo que existe agora influência da radiação refletida pelo solo.

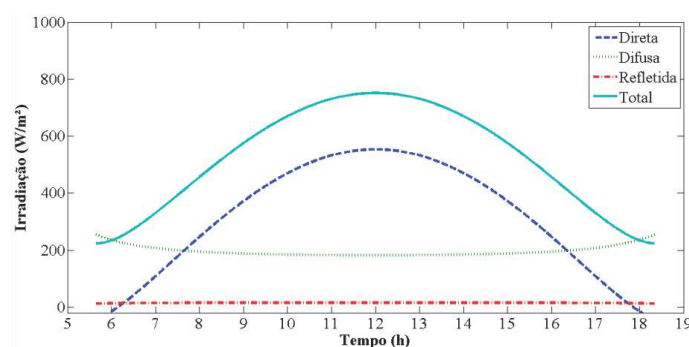


Figura 3 – Radiação direta, difusa, refletida e total sobre uma superfície inclinada no dia 21 de dezembro

O comportamento da radiação solar incidente em um módulo com sistema de seguimento solar é representado na figura 4. Pode-se observar o aumento desta, nos períodos dos extremos do dia (início da manhã e fim da tarde). Essa elevação da radiação incidente ocorre devido ao fato do

sistema de seguimento solar anular a influência do ângulo de incidência da radiação direta no módulo, uma vez que se encontra sempre perpendicular aos raios solares.

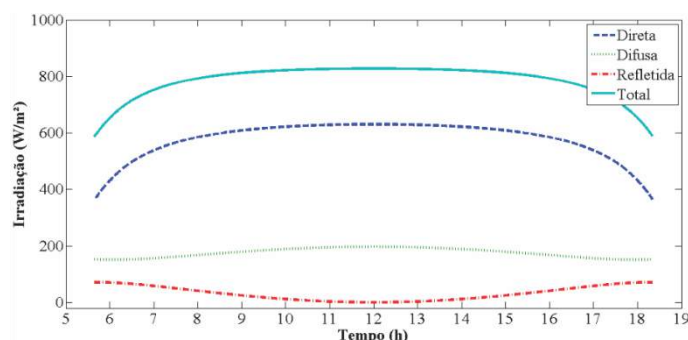


Figura 4 – Radiação direta, difusa, refletida e total sobre uma superfície com seguidor no dia 21 de dezembro

Com a radiação incidente em cada sistema de módulos fotovoltaicos conhecida e a simulação do módulo desenvolvida, realizou-se a simulação da potência fornecida pelos sistemas com uma tensão fixa igual a nominal. Observa-se na figura 5 o resultado da simulação para o dia 21 de dezembro, onde destaca-se o comportamento linear da potência fornecida pelo sistema com seguidor durante boa parte do dia.

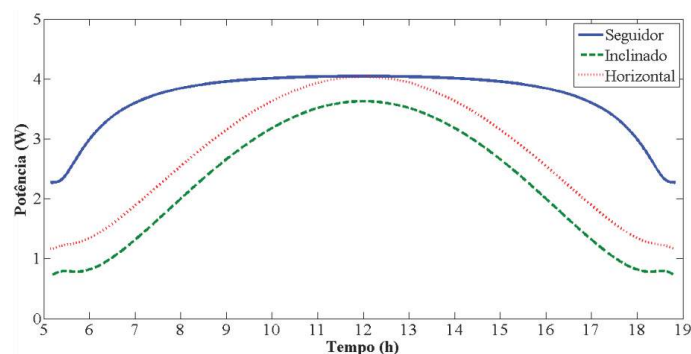


Figura 5 – Potência instantânea para as três configurações de módulos para o dia 21 de dezembro

O aumento da potência fornecida pelo módulo com seguidor solar, implica no acréscimo de energia produzida pelo sistema. A energia diária produzida por cada sistema de módulos, pode ser vista na figura 6, onde destaca-se a energia produzida pelo sistema com seguidor que apresenta magnitude significativamente superior aos demais sistemas.

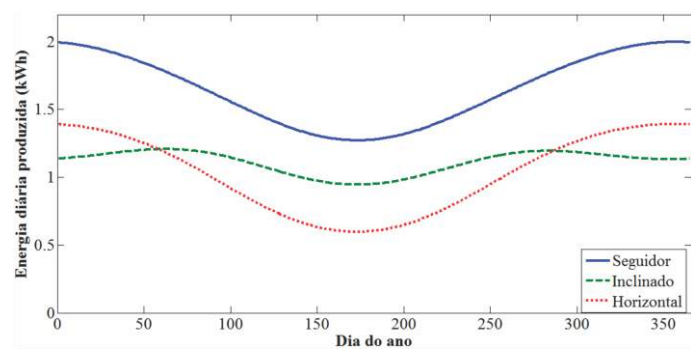


Figura 6 – Energia diária convertida nas três configurações de módulos

Considerando um único módulo fotovoltaico de KM(P)5 com potência nominal de 5 W para cada sistema instalado, chegou-se a valores de geração média diária de energia de 28,91 Wh para o módulo horizontal, 30,33 Wh para o módulo inclinado e de 42,00 Wh para o módulo com seguidor

solar. Isso representou um ganho de eficiência de 4,93% para o módulo inclinado com relação ao módulo horizontal. O módulo com seguidor solar apresentou um ganho de eficiência de 38,47% quando comparado com o módulo inclinado, e um ganho de 45,30% em comparação ao módulo horizontal. Para alguns dias específicos do ano esse valor é ainda maior, podendo chegar a até 61,88%.

O protótipo com os três sistemas desenvolvidos foi instalado em um local plano onde não ocorresse sombreamento em nenhum dos módulos. O módulo horizontal foi disposto ao nível do solo (inclinação 0°). O segundo módulo foi instalado com inclinação de 32° e com sua face voltada para a direção Norte. O terceiro módulo foi instalado sobre o seguidor solar, o qual foi disposto com sua base voltada para o norte. Os sistemas instalados podem ser observados na figura 7.



Figura 7 – Módulos nos sistemas horizontal, inclinado e com seguidor solar

A figura 8 mostra o gráfico da potência convertida pelos módulos no dia 16 de novembro, um dia ensolarado, sem variação de nuvens. Observa-se novamente o comportamento superior do sistema com seguidor solar.

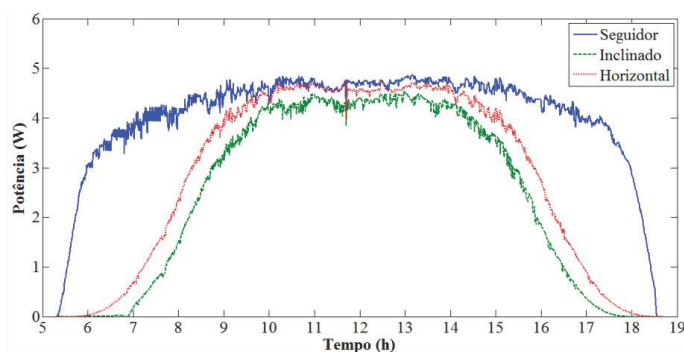


Figura 8 – Potência instantânea convertida pelos três sistemas no dia 16/11/18.

A energia convertida durante o dia 16/11/18, para o módulo horizontal foi de 37,46 Wh, enquanto que para o módulo inclinado foi de 32,09 Wh e para o módulo com seguidor solar foi de 54,18 Wh. Esses valores representam um aumento na conversão de 68,85% pelo módulo com seguidor solar em comparação com o módulo inclinado, e 44,65% comparado com o módulo horizontal.

Após a avaliação dos resultados, é possível ter uma estimativa dos benefícios obtidos com a utilização de sistemas de seguidor solar. O aumento na conversão de energia acaba compensando o custo de aquisição do sistema, uma vez que a longo prazo, a energia excedente convertida acaba se equivalendo com o valor acrescido ao sistema.

CONCLUSÕES

Após este estudo pode-se concluir que De acordo com a literatura, os custos de implementação de um sistema com seguidor solar, em relação ao um sistema fixo, é de aproximadamente 20% do custo total do sistema. Com relação a gasto energético para movimentação e controle do sistema, a literatura cita valores de cerca de 3% do excedente gerado pelo sistema.

As simulações do comportamento da radiação solar para três configurações de painéis solares, um painel horizontal, um inclinado estático e um com seguidor solar de dois eixos mostraram que, para o sistema de seguimento solar de dois eixos, o aumento de conversão de aproximadamente 38,47% em relação ao painel inclinado estático e 45,30% em relação ao painel horizontal.

Medidas realizadas com um protótipo de seguidor solar de dois eixos apontaram um aumento de conversão de 68,85% em relação ao módulo com inclinação fixa e 44,65% em relação ao módulo horizontal. Os dados foram de um dia de coleta, porém coincidem com os valores simulados para o mesmo dia.

Esses valores teóricos e experimentas mostram que a conversão de energia torna-se vantajosa quando aliada com as técnicas de rastreamento solar.

REFERÊNCIAS

BADESCU, V. **Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. 537 p.

DUFFIE, J.; BECKMAN, W. **Solar Engineering of Thermal Processes, 4th ed.** 4. ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2013. v. 116. 928 p.

FUENTES, M. et al. Design of an accurate, low-cost autonomous data logger for PV system monitoring using Arduino that complies with IEC standards. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, Elsevier, v. 130, p. 529–543, 2014.

GIL, F. J. G. et al. A review of solar tracker patents in Spain. In: **Proceedings of the 3rd WSEAS Int. Conf. on RENEWABLE ENERGY SOURCES**. 2009. p. 292–297.

LIU, B. Y.; JORDAN, R. C. The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. **Solar Energy**, v. 4, p. 1–19, 1960.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Photovoltaic Solar Energy: A Briefly Review. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 126–143, 2015.

OLIVEIRA, M. M. **Análise Do Desempenho De Um Gerador Fotovoltaico Com Seguidor Solar Azimutal**. 121 p. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2008.

STAMATESCU, I. et al. Design and implementation of a solar-tracking algorithm. **Procedia Engineering**, v. 69, n. 0, p. 500–507, 2014.

VILLALVA, M. G. **Energia Solar Fotovoltaica. Conceitos e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015. 224 p.



UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO
ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM



VII MOSTRA DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E
TECNOLÓGICOS DAS ENGENHARIAS

ENGENHARIA MECÂNICA

28 de novembro de 2018

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais**
Área/Linha de Pesquisa: Soldagem e Engenharia de Superfícies

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO DO OMBRO E ACABAMENTO SUPERFICIAL DA FERRAMENTA (POLIMENTO) NA SOLDA FSW EM CHAPAS DE ALUMÍNIO DA LIGA AA 5083

Aluno: André Vanz**Orientador: Arthur Bortolin Beskow**

INTRODUÇÃO

O processo FSW (*Friction Welding and Mechanical Mixing*) foi inventado pela *The Welding Institute* (TWI) no Reino Unido em 1991. Trata-se de uma técnica de soldagem no estado sólido que foi inicialmente utilizada nas ligas de alumínio devido à dificuldade de soldagem pelos processos de fusão convencionais (FIORAVANTI, 2008).

O conceito básico de solda por fricção e mistura mecânica 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 (MISHRA e MURRAY, 2007). No Instituto de Processos de Corte e Soldagem (TFF), foi feita uma investigação da influência da rugosidade da ferramenta no processo de soldagem por fricção, que teve como conclusão que um bom acabamento superficial na ferramenta de soldagem pode gerar soldas com melhores características estruturais do que quando utilizada ferramenta sem acabamento (HARTMANN, 2016). Este é o foco principal deste trabalho, avaliar o acabamento superficial da solda utilizando ferramentas com diferentes diâmetros de ombros.

MATERIAL E MÉTODOS

- **Chapa de Alumínio AA 5083**

As soldagens foram realizadas em chapas de alumínio da liga AA 5083 com 6,35 mm de espessura, 100 mm de largura e 310 mm de comprimento, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1 – Chapa de alumínio da liga AA 5083

No presente trabalho foi utilizada a liga de alumínio AA 5083 para a realização de experimentos, a qual tem como o principal elemento de liga o magnésio. Esta liga possui boa usinabilidade e soldabilidade.

Vanz, A. e Beskow, A. B.

Estudo da Influência do Diâmetro do Ombro e Acabamento Superficial da Ferramenta (Polimento) na Solda em FSW em Chapas de Alumínio da Liga AA 5083

A composição química das chapas foi medida em um espectrômetro do Laboratório da Engenharia Mecânica da URI Erechim conforme está mostrado na Figura 2. Os resultados obtidos no ensaio de tração do metal base, sendo 137,2 N/mm² a tensão de escoamento e 276,98 N/mm² a máxima tensão.

Espectrômetro FMX		Liga:		5083	AlMg4.5Mn0.7			
	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr
Min		0,0000	0,0000	0,0000	0,400	4,00	0,0000	0,0500
Max		0,400	0,400	0,100	1,00	4,90	0,250	0,250
1	94,7	0,207	0,322	0,0042	0,477	4,06	0,0141	0,0537
2	94,8	0,207	0,316	0,0040	0,476	4,07	0,0134	0,0539
3	94,7	0,210	0,306	0,0040	0,475	4,11	0,0126	0,0539
Ave	94,7	0,208	0,315	0,0041	0,476	4,08	0,0134	0,0538

Figura 2 – Composição química da chapa de alumínio AA5083

- **Ferramenta**

As ferramentas utilizadas nos experimentos contém ombro com diâmetro de 17 mm (experimento F19), 18 mm (experimento F18), 19 mm (experimento F15D2) e 23 mm (experimento F17A e F17B) com estrias em espiral com passe de 4 mm e um chanfro na borda de 2 mm x 45° e foi polida. O polimento foi realizado manualmente com a micro retifica utilizando pedras de polir, Figura 3, adequadas para máquina citada com diferentes formatos para polir diferentes faces as quais não são planas.



Figura 3 – Micro retifica e pedras de polir

As ferramentas utilizadas para a soldagem esta ilustrada na Figura 4, antes e depois de polir, sendo todas as ferramentas confeccionadas do mesmo formato mudando apenas seu diâmetro de ombro.

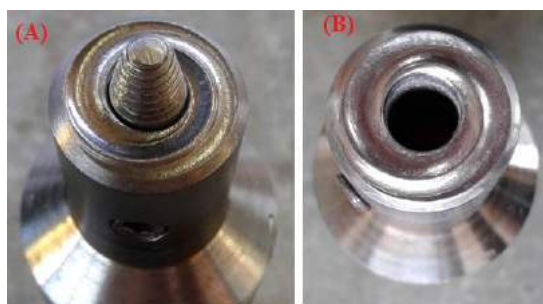


Figura 4 – Ferramenta de soldagem, (a) antes de polir e com o pino, (b) depois de polir sem o pino

- **Máquina e Suporte de Soldagem**

Para efetuar a soldagem foi utilizado um centro de usinagem CNC de três eixos (X,Y,Z) da Deb'Maq, do laboratório da Engenharia Mecânica do Campus II (Uri - Erechim), sendo do modelo SKYBULL 600, sendo nela fixado o suporte de soldagem que mantém as chapas a serem soldadas bem fixadas sem que haja afastamento entre elas devido as forças que ocorrem no momento da soldagem, como pode-se visualizar na Figura 5 o centro de usinagem CNC e o suporte de fixação.



Figura 5 – Centro de usinagem CNC de três eixos, SKYBULL 600 e Suporte de fixação de chapas para soldagem FSW

• Ensaios Mecânicos

Os ensaios mecânicos têm por objetivo investigar as características da solda ao longo da união das chapas. Para realização dos ensaios de tração, e de dobramento de face e raiz a chapa soldada deve ser cortada em corpos de prova, como mostra a Figura 6(a).

Sendo que o corpos de prova para o ensaio de tração tem que seguir a norma ABNT NBR 7549:2008 – Alumínio e suas ligas – Produtos laminados, extrudados e fundidos, conforme apresentada na Figura 6(b), observa-se um corpo de prova padronizado.

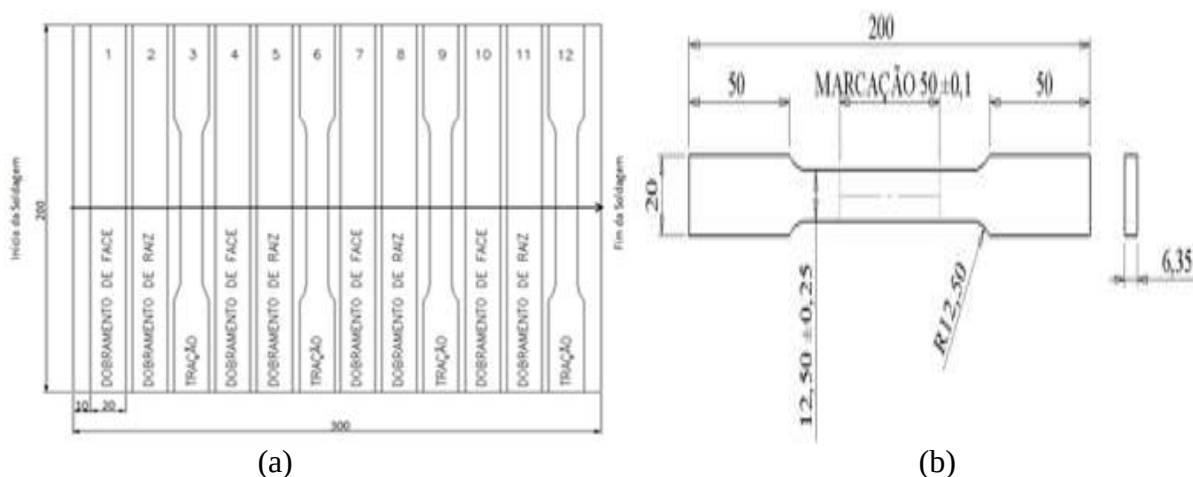


Figura 6 – (a) Esquemática representativa da distribuição dos corpos de prova na chapa base e (b) Corpo de prova padronizado conforme a NBR 7549:2008

O equipamento utilizado para o ensaio de tração e dobramento é apresentado na Figura 7, sendo que para o ensaio de dobramento ocorre apenas a alteração da garra de tração para o cutelo de dobramento.



Figura 7 – Máquina universal de ensaios Shimadzu com garras de tração e cutelo de dobramento

Vanz, A. e Beskow, A. B.

Estudo da Influência do Diâmetro do Ombro e Acabamento Superficial da Ferramenta (Polimento) na Solda em FSW em Chapas de Alumínio da Liga AA 5083

Para a realização do ensaio macrográficos as amostras da junta soldada foram preparadas a partir de cortes transversais nas mesmas. As amostras passaram, primeiramente, por lixamento em lixas de carbeto de silício com granulometria 220, 400 e 600, e posteriormente foram atacadas com reagente água régia (um terço de água destilada, um terço de ácido nítrico (HNO₃) e um terço de ácido clorídrico (HCl)). As imagens das macrografias foram registradas com a utilização de um scanner.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização das soldas foram utilizados os parâmetros de soldagem mostrado na Tabela 1.

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	6,1	Anti-horário

Tabela 1 – Parâmetros de soldagem utilizados nos experimentos

Após a realização das soldas como mostra Figura 8, as chapas soldadas foram cortadas em corpos de prova conforme a norma estabelecida anteriormente. Após foram realizados os ensaio de macrografia, tração e dobramento de face e raiz, apenas o experimento F15D2 foi realizado macrografia onde não apresentou nem uma trinca ou defeito visível. Como pode-se observar na Figura 8 o experimento F17A e F17B a solda não percorreu toda a extensão da junta, pelo fato do diâmetro do obro ser muito grande a máquina não suportou os esforços devido a excesso de carga no eixo Z, mesmo assim as duas partes soldadas foram aproveitadas e realizado somente o teste de tração.



Figura 8 – Soldas realizadas nos experimentos F15D2, F17A e B, F18 e F19

Depois de realizar as soldas os corpos de prova foram submetidos a os ensaios mecânicos a Tabela 2 nos mostras os resultados do ensaio de tração, as médias de tensão de escoamento, tensão máxima atingida e alongamento.

Experimentos	Média Tensão de escoamento [MPa]	Média Tensão máxima atingida [MPa]	Média Alongamento [%]
F15D2	136,39	299,02	20,25
F17A	139,37	267,26	13,10
F17B	131,30	275,38	19,40
F18	125,48	254,49	15,05
F19	137,65	260,37	14,15
Alumínio AA 5083	137,20	276,98	20,45

Tabela 2 – Resultado dos ensaios de tração dos experimentos

Paras os ensaios de dobramento de face e raiz apenas o experimento F15D2 não obteve trincas ou defeitos visíveis sendo que os outros todos foram reprovados. Já para os testes de tração como nos mostra a Tabela 2 os que chegaram próximos ao resultado do Metal Base foram os experimentos F15D2 com Tensão máxima de 299,02 MPa e F17B com 275,38 MPa. A Figura 9 nos mostra os corpos de prova após os ensaios mecânicos de tração e a Figura 10 os ensaios de dobramento de face e raiz.

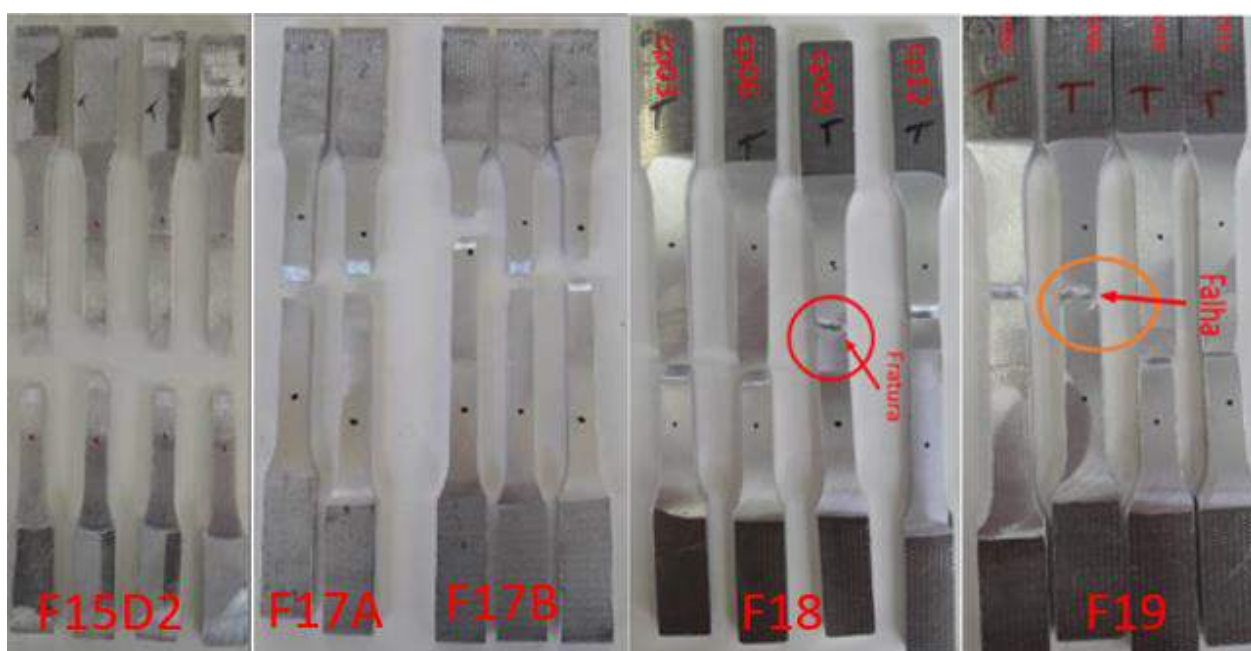


Figura 9 – Ensaios de tração dos Experimentos F15D2, F17A e B, F18 e F19

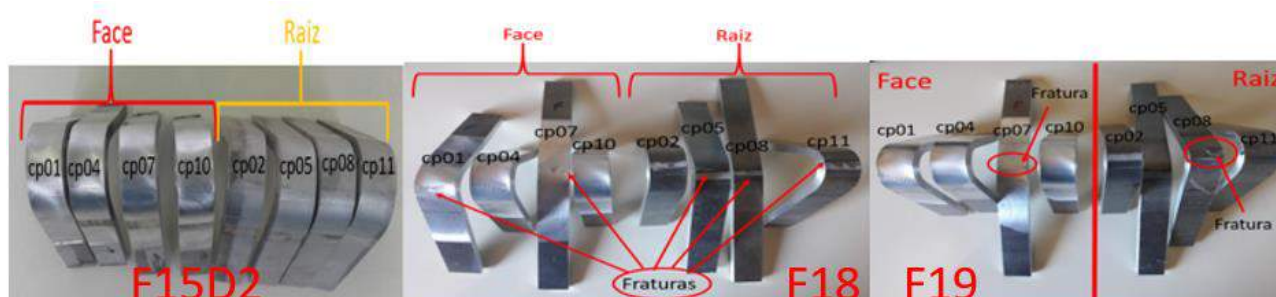


Figura 10 – Ensaios de dobramento de face e raiz dos experimentos F15D2, F18, F19

CONCLUSÕES

Nos experimentos realizados foi observado que aproximadamente no terço final da solda houve um pequeno aumento na quantidade de rebarba, isto pode ter ocorrido por causa da dilatação térmica da ferramenta e do suporte. No entanto, o acabamento superficial foi satisfatório bem como a quantidade de rebarba foi pequena quando comparada com outros experimentos da literatura, desta forma foi alcançada a qualidade que se esperava com o ombro da ferramenta proposto.

O experimento F15D2 foi o que obteve melhores resultados comparando com o metal base, sendo nele utilizado um chanfro de 2 mm x 45° e com polimento do ombro da ferramenta chegando com sua tensão máxima atingida de 299,02 MPa sendo que a do metal base ficou com 276,98 MPa. Também não houve o surgimento de trincas no ensaio de dobramento. É importante salientar que nos ensaios de tração, a ruptura foi fora da região soldada, sendo esta solda qualificada conforme as exigências da norma ISO 25239, o que não havia sido obtido nos estudos anteriores.

Os experimentos F17A, F17B, F18 e F19 todos apresentaram defeitos ficando todos abaixo do esperado em comparação com o metal base sendo que o que chegou mais próximo foi o F17B com tensão máxima atingida de 275,38 MPa.

A ferramenta utilizada nos experimentos F17A e F17B mostrou-se promissora mas, devido ao fato da máquina não possuir força suficiente para realizar a soldagem em um comprimento maior, não foi possível retirar os corpos de prova para o ensaio de dobramento. No entanto pode-se dizer que quanto maior o diâmetro do ombro, desde que polido, a solda tende a apresentar menos rebarba e ser melhor ficando com características próximas ou até melhores que a do metal base.

REFERÊNCIAS

FIORAVANTI, A. S. **Soldagem por FSW de Ligas de Alumínio ALCLAD AA2024-T3 e AA7075-Tq6**. 2008. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFRGS, Porto Alegre, 2008.

MISHRA, R. S. e MURRAY, W. M. **Friction Stir Welding and Processing**. ASM International, 2007.

HARTMANN, M. **Influence of Surface Roughness of Tools on The Friction Stir Welding Process**. Department for Cutting and Joining (tff), USA, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7549: Alumínio e suas ligas – Produtos laminados, extrudados e fundidos – Ensaio de tração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais
Área/Linha de Pesquisa: Engenharia Térmica e de Escoamentos**ESTUDO ANALÍTICO, DIMENSIONAMENTO E FABRICAÇÃO DE
UM VENTILADOR CENTRÍFUGO COM PÁS CURVADAS PARA TRÁS
E TRAÇADO DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS**Aluno: Carlos Alberto da Maia¹. carlosalbertodamaia@gmail.comOrientador: Dr. Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza². marco@uricer.edu.br**INTRODUÇÃO**

Em um ventilador centrífugo o ar entra de forma axial e sai de forma radial. Aplicam-se nas mais variadas áreas, como em sistemas de refrigeração, conforto térmico, remoção de pó, alimentação de fornalhas industriais, entre outras. O mercado mundial de ventiladores tem capitalizado o rápido crescimento em todos os setores, e é testemunho de perspectivas lucrativas em todo o mundo, devido ao crescente investimento no desenvolvimento de infraestrutura residencial, comercial e industrial. Devido à rápida urbanização, a crescente construção de espaços comerciais, residenciais e industriais, um aumento constante na demanda de ventiladores centrífugos pode ser observado em todo o mundo. De acordo com Transparency Market Research (2016), no ano de 2015, o mercado global de ventiladores, situou-se em US \$ 1,6 bilhão, e estimasse que até o final do ano 2023, deverá chegar em US \$ 2,4 bilhões. Segundo Mordor Intelligence (2017), em 2016 o número de ventiladores centrífugos estava em torno de 1.250.000 unidades, e estimam-se que o mercado mundial de ventiladores centrífugos terá crescimento com taxa de 5,09% ao ano, chegando em torno de 1.602.000 unidades em 2021.

Revisão Bibliográfica

Diversas são as formas de se dimensionar um ventilador centrífugo. O engenheiro precisa ter uma boa noção de grandeza para saber qual a melhor forma de projetar um, pois qualquer variação nas dimensões ou geometria da caixa do ventilador, rotor, número de pás, etc., poderá mudar significativamente os resultados esperados. Costa (2005) estabeleceu parâmetros de cálculos que permitem determinar as características de funcionamento dos ventiladores centrífugos, aplicando a primeira lei da termodinâmica ao escoamento. Costa (1978) e Macintyre (2008), apresentam a definição e modelos de ventiladores centrífugos e trazem exemplos de dimensionamentos dos mesmos. Fox *et al* (2013) se baseiam na equação da quantidade de movimento angular para um volume de controle e utiliza a equação de Euler para dimensionamento das turbomáquinas. Macintyre (2008) recomenda ensaios de laboratório que permitam, estatisticamente, exprimir a variação de considerações teóricas com condições reais em ventiladores centrífugos, para que com os valores obtidos nos ensaios, possam ser traçados curvas característica desses ventiladores centrífugos. Fox *et al*. (2013) aconselham medir o desempenho global de ventiladores centrífugos em uma bancada de testes adequada.

Oliveira *et al*. (2002) avaliaram o número de pás de um rotor seguindo o critério de Richardson, que se trata de um parâmetro adimensional capaz de determinar o número ótimo de pás de rotores. Quando comparado aos ensaios experimentais, o critério de Richardson demonstrou ser muito eficiente, pois está perfeitamente dentro dos valores medidos em laboratórios.

Sharma e Karanth (2009) analisaram numericamente o aprimoramento de um ventilador centrífugo existente, contendo pás diretrizes. Utilizaram quatro geometrias diferentes, modelaram as mesmas, e

obtiveram resultados satisfatório. Comparado ao ventilador centrífugo experimental, o aprimoramento de configuração que apresentou melhor desempenho foi a quarta configuração, que possui aletas divisórias no bordo de fuga das pás diretrizes

Chunxi et al. (2011) mostraram em um estudo numérico e experimental, o desempenho de um ventilador centrífugo com variação no diâmetro do rotor, sem alterar a geometria do difusor. Em seus estudos, comprovaram que quando o ventilador centrífugo funcionava com rotores maiores, a pressão total e o ruído aumentaram, enquanto que a eficiência diminuiu.

Kothe et al. (2016) mostraram através de uma forma experimental e numérica, a otimização de um ventilador centrífugo, obtendo resultados satisfatórios. Alteraram o número pás, modificaram o perfil e as curvaturas das pás e, para a geometria do difusor, modificaram a saída da caixa. Para os resultados numéricos, com os dois ventiladores operando nas mesmas condições, o modelo otimizado representou uma vazão 67,8% maior, e 33,6% de queda de torque na região das pás. Através da simulação, foi possível identificar recirculações e vórtices, que são responsáveis pelo alto ruído e mau funcionamento dos ventiladores centrífugos. Para resultados experimentais, o ventilador otimizado representou um aumento de 74,65% de vazão, e uma queda de corrente, de 16 A para 11 A, resultando queda no consumo de energia.

Formulação Geral

O método de análise usado para turbomáquinas é escolhido de acordo com a informação desejada. Fox et al. (2013) explicam que existem duas abordagens para a análise, a abordagem Lagrangeano e a Euleriana. Para o presente trabalho utilizou-se a abordagem de volume de controle (Euleriana), que avalia uma região do espaço conforme o fluido escoar através dela. Como vantagem, essa abordagem possui uma grande quantidade de aplicações práticas, tornando-a o método mais escolhido. A desvantagem é que é necessário trabalhar matematicamente para converter as leis físicas de sua formulação para sistema, para a formulação de volume de controle, porque as leis da física aplicam-se à matéria, e não diretamente à região do espaço.

A formulação geral do princípio da quantidade de movimento angular para um volume de controle inercial é dada por

$$\vec{r} \times \vec{F}_s + \int_{VC} \vec{r} \times \vec{g} dV + \vec{T}_{eixo} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \vec{r} \times \vec{V} \rho dV + \int_{SC} \vec{r} \times \vec{V} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}, \quad (1)$$

que estabelece, que o momento das forças superficiais e das forças de campo, mais o torque aplicado, levam a uma variação da quantidade de movimento angular do escoamento. As forças superficiais são devidas ao atrito e à pressão, a força de campo é devida à gravidade, a variação na quantidade de movimento angular pode aparecer como variação na quantidade de movimento angular no interior do volume de controle, ou como fluxo de quantidade de movimento angular através da superfície de controle (FOX et al., 2013).

Escolhendo um volume de controle fixo englobando o rotor. Considerando volumes de controle para os quais são esperados grandes torques de eixo, os torques decorrentes de forças de superfícies podem ser ignorados. Como o rotor gira em seu eixo, a força de campo gravitacional é simétrica, portanto, pode ser desprezada. Então, da Eq. (1), para escoamento permanente,

$$\vec{T}_{eixo} = \int_{SC} \vec{r} \times \vec{V} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}. \quad (2)$$

Aplicando um volume de controle fixo que inclui o rotor da turbomáquina, o fluido entra no rotor na localização radial, com velocidade absoluta uniforme, e sai do rotor na localização radial, com velocidade absoluta uniforme. O vetor posição $\vec{r}$ é puramente radial, de modo que apenas a componente da velocidade tangencial conta.

$$\vec{T}_{eixo} = \int_{SC1} \vec{r}_1 \times \vec{V}_{t1} \rho \vec{V}_1 \cdot d\vec{A}_1 + \int_{SC2} \vec{r}_2 \times \vec{V}_{t2} \rho \vec{V}_2 \cdot d\vec{A}_2. \quad (3)$$

A Eq. (3) pode ser escrita na forma escalar, para aplicação de máquinas de fluxo. Para escoamento uniforme. Resolvendo o produto escalar

$$T_{eixo} = (r_2 V_{t2} - r_1 V_{t1}) \dot{m} \quad (4)$$

A taxa de trabalho realizada sobre um rotor de uma turbomáquina é dado por

$$\dot{W}_m = \omega T_{eixo} = \omega (r_2 V_{t2} - r_1 V_{t1}) \dot{m}, \quad (5)$$

Diagrama de Velocidades

Nos ventiladores, como em todas as turbomáquinas, uma partícula de fluido em contato com a pá do rotor, não tem a mesma trajetória que a do ponto do rotor com a qual a cada instante se encontra em contato.

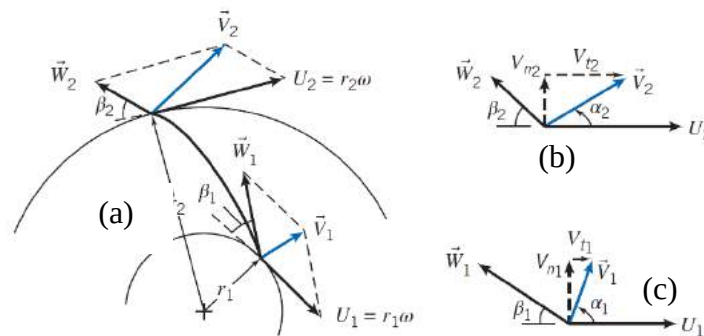


Figura 1. Notação para desenvolver diagramas de velocidades. (a) Escoamento no rotor; (b) Escoamento na saída do rotor; (c) Escoamento na estrada do rotor. Fonte: Fox et al 2013

Para resolver a equação de Euler para as turbomáquinas, é necessário conhecer as componentes de velocidade do fluido e do rotor nas seções de entrada e de saída. Para isso é preciso desenvolver diagramas de velocidades como o da **Figura 1**, para os escoamentos de entrada e saída. Analisando o diagrama de velocidades da **Figura 1**, e com base em trigonometria, é possível retirar a formulação matemática para cada componente de velocidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Para dimensionar o ventilador centrífugo, partiu-se de condições climáticas, geográficas e parâmetros para alimentar uma fornalha industrial de 0,14 Gcal com ar atmosférico. Para o número de pás do rotor, foi considerado o critério de Eck (1973), inspirado no artigo de Oliveira *et al.* (2002), onde utilizaram em sua análise experimental o mesmo método, e chegaram à resultados de alta eficiência. O difusor foi dimensionado seguindo os parâmetros de Costa (1978) e aprimorado conforme Kothe *et al.* (2016), onde alteraram a geometria do difusor, modificando de forma que a aresta mais próxima do centro fosse tangencial a saída do rotor, obtendo melhores resultados.

Para facilitar a interatividade dos cálculos foi utilizado um software de matemática simbólico numérico em linguagem C++, de forma que o programa interage com o usuário, mostrando instruções para o uso, onde o usuário irá preencher janelas dinâmicas que irão aparecendo conforme for sendo preenchidas. O modelamento 3D e verificação de interferências foi feito por software CAD. A tampa de entrada e o distribuidor foram fabricados pelo processo de impressão 3D, onde o distribuidor foi projetado de forma a assegurar a entrada do ar puramente radial à entrada do rotor. Os demais componentes foram fabricados em aço carbono pelo processo de corte a laser CNC e unido por solda pelo processo GMAW. Para usinar o furo central do rotor com tolerância H7, foi feito interpolação por fresadora CNC. O encaixe da chaveta foi feito pelo processo de eletroerosão seguindo a norma DIN 6885. O balanceamento do rotor foi feito nos parâmetros estabelecidos pela norma ISO 1940. O expansor foi fabricado segundo a norma ANSI/AMCA 210-07.

Para reprodução das curvas características do ventilador centrífugo em estudo, foi confeccionada uma bancada experimental em laboratório com dimensões e componentes prescritos pela norma ANSI/AMCA 210-07. Esta norma estabelece que o ensaio deve ser feito pelo menos oito vezes, com divisão por igual da abertura da válvula cônica. Durante o ensaio, foram feitas 22 medições, partindo

com a válvula cônica fechando completamente o tubo de testes, até 57,50 mm de abertura, que corresponde a abertura total do tubo de testes.

Devido a imprecisão humana, qualquer procedimento experimental apresenta algum erro na medição associado. A metodologia usada foi para determinar erros aleatórios da tomada de pressão, utilizando uma adaptação da aplicação de Holman (2011). Como critério de rejeição dos dados, foi adotado o critério de Chauvenet.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente trabalho foi dimensionado um ventilador centrífugo de forma analítica, sob condições climáticas, geográficas e parâmetros para alimentar uma fornalha industrial de 0,14 Gcal com ar atmosférico. Avaliou-se o equacionamento que modela o escoamento no ventilador centrífugo. Foi elaborado um código de linguagem interativa de programação computacional para a obtenção de todas as dimensões geométricas do ventilador centrífugo e da bancada, bem como a potência, a velocidade de rotação do motor, e as demais informações de cálculos. Para a confecção das curvas características, os dados obtidos com a bancada experimental foram redigidos em uma planilha. A Figura 2 mostra as curvas característica do ventilador centrífugo estudado experimentalmente.

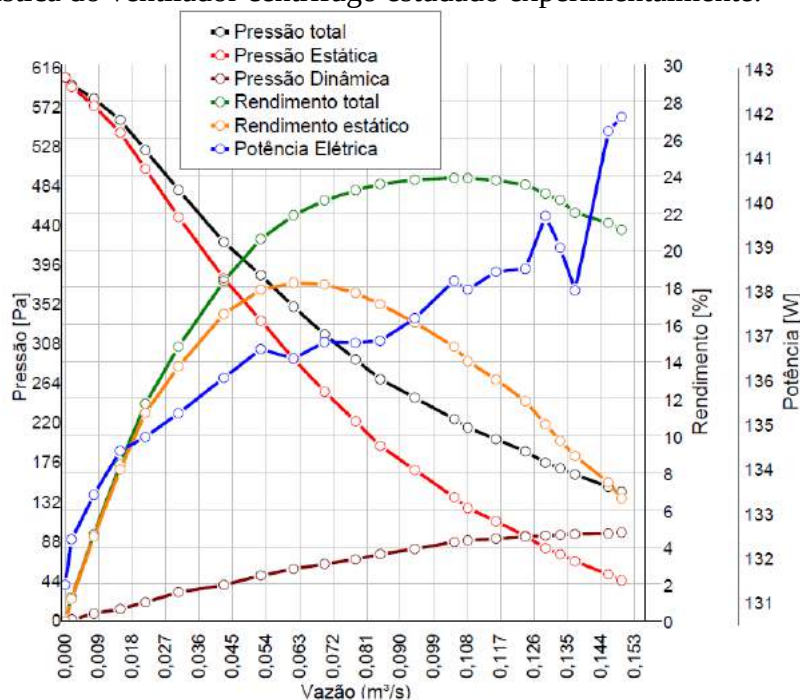


Figura 2. Curva característica do ventilador centrífugo estudado.

Comparando a curva de pressão da Figura 2 em relação à gráficos de catálogos de fabricantes, a pequena diferença é devido a forma construtiva do ventilador. A diferença se dá em função de perdas por atrito com o fluido, perdas por recirculação e perdas por atrito mecânico. Conforme recomendações da literatura, já prevendo possíveis variações no desempenho total, foi atribuído valores de coeficientes adimensionais para os cálculos do dimensionamento do ventilador estudado. Então, dependendo dos coeficientes adimensionais estabelecidos para o dimensionamento, a proporção do ventilador mudará, mudando também a curva característica. Comparando a curva de pressão do ventilador estudado com a curva de pressão do ventilador experimental de Bazani *et al.* (2011), percebe-se a semelhança em seu traçado. Já a curva pressão x vazão de Neto (2005), se diferencia um pouco, mas mantém a tendência.

Cada tipo de ventilador tem sua própria curva característica. Mas, se comparar em catálogos de fabricantes, o mesmo ventilador poderá ter várias curvas, pois vão depender da vazão, pressão, velocidade de rotação do motor e fatores que alteram a massa específica do ar. Comparando a curva de pressão do ventilador estudado com a curva do ventilador centrífugo de pás curvadas para trás do fabricante Axair (2018), percebe-se grande semelhança no traçado das curvas.

A curva de potência do motor em função da vazão do ventilador, não apresentou a mesma semelhança do traçado do ventilador da norma ANSI/AMCA 210-07, onde não se observa mudanças significativas no aumento da trajetória da curva. Isso se deve pela baixa potência do motor do ventilador estudado. Em catálogos de fabricantes de ventiladores centrífugos, essas curvas são normalmente apresentadas em uma escala de potência com grandes variações, o que possibilita a visualização do aumento de potência do motor em função da vazão. A baixa potência do motor não proporciona uma curva visual de grandes variações, pois a variação de potência máxima e mínima é de 10,51 W, o que corresponde a aproximadamente a 0,01cv. Uma pequena variação na corrente resulta em uma mudança de potência do motor, e isso se deve pela movimentação da massa de ar. Quanto maior a massa de ar, maior a potência exigida pelo motor.

Comparando a curva rendimento x vazão com norma ANSI/AMCA 210-07, a caracterização da curva de desempenho do ventilador centrífugo estudado, evidencia-se semelhança. Através desta curva, percebe-se a quantidade de energia consumida pelo ventilador centrífugo em função da vazão. Segundo Costa (1978), ventiladores centrífugos maiores possuem rendimentos maiores que ventiladores pequenos. Nos testes realizados, o rendimento máximo foi na amostra de número 6 obtendo-se o valor de rendimento máximo de 24,16%. Já era de se esperar valores baixos, pois o ventilador centrífugo estudado é um ventilador de pequeno porte. Comparando com a dissertação de Bazzo (1979), que estudou curvas características em um ventilador centrífugo com pás curvadas para trás de grande porte e alcançou um rendimento máximo de 55%, onde Bazzo (1979) comenta que é um valor baixo para tal ventilador.

As curvas que caracterizam este ventilador, como era de se esperar, têm comportamento de curvas características típicas de ventiladores centrífugos de pás curvadas para trás. Tal comportamento se manteve para todas as amostragens.

Comparando os resultados obtidos analiticamente com os dados da bancada experimental, ficou evidente que a metodologia utilizada, é eficaz para se dimensionar, projetar e fabricar um ventilador centrífugo de pás curvadas para trás, além de ser possível a confecção de uma bancada experimental instrumentada, retirar os dados e caracterizar o ventilador com as curvas de desempenho. A Tabela 1 apresenta as principais diferenças dos cálculos analíticos e dados experimentais.

Grandeza	Analítico	Experimental	Unidade
Vazão	0,14	0,149	m ³ /s
Pressão	50,00	61,74	mmH ₂ O
Velocidade	12,31	13,35	m/s
Vazão mássica	0,15	0,16	kg/s

Tabela 1. Principais diferenças dos cálculos analíticos e dados experimentais.

CONCLUSÕES

Através da metodologia organizada neste trabalho, foi possível desenvolver um programa computacional para dimensionar um ventilador centrífugo de pás curvadas para trás, para a alimentação de uma fornalha industrial. Com o resultado do dimensionamento, foi possível projetá-lo e fabricá-lo em tamanho real. Uma bancada foi confeccionada e instrumentada para conferir os dados dos cálculos analíticos. Com a bancada experimental, determinou-se a velocidade de saída que é 13,35 m/s, a vazão mássica de 0,16 kg/s, vazão volumétrica de 0,149 m³/s, e os demais dados de operação do ventilador, onde, através desses dados foi possível traçar as curvas características para o ventilador.

Constatou-se que o equacionamento apresentado, foi satisfatório para se projetar e fabricar um ventilador centrífugo, bem como a construção de uma bancada experimental. Pois quando correlacionados com catálogos de fabricantes de ventiladores centrífugos, os resultados deste trabalho, tiveram boa concordância, pois estão dentro da mesma faixa de operação em função de suas grandezas. O ventilador centrífugo fabricado, é classificado como baixa pressão, por apresentar pressão diferencial de 61,74 mmH₂O.

Comparando os resultados obtidos analiticamente com os dados da bancada experimental, ficou evidente que a metodologia utilizada, é eficaz para se dimensionar, projetar e fabricar um ventilador centrífugo de pás curvadas para trás, além de ser possível a confecção de uma bancada experimental instrumentada, retirar os dados e caracterizar o ventilador com as curvas de desempenho.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. D. J.; Fundamentals of Aerodynamics. 5ª ed. New York – NY, 2011.
- ANSI/AMCA. Laboratory Methods of Testing. 2010.
- AXAIR. Centrifugal Fans. Disponível em: < <https://www.axair-fans.co.uk/>>. Acesso em: 08 de outubro de 2018.
- Bazani M. A., Paschoalini A. T. e Honório H. T. Simulação Numérica de um Ventilador Centrífugo. 10ª Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicação. 2011.
- BAZZO E. Influência da Geometria de Entrada e Saída nas Curvas Características de Ventiladores Centrífugos. Dissertação de mestrado em engenharia. UFSC, SC. 1979.
- Chunxi L; Ling, S. W e Yakui, J. The performance of a centrifugal fan with enlarged impeller. *Jornal Energy Conversion and Management*. China. 2011.
- COSTA. Compressores. São Paulo. Edgard Bluecher. 1978.
- COSTA. Ventilação. São Paulo. Edgard Bluecher. 2005.
- ECK, B. Fans Design and Operation of Centrifugal, Axial-Flow, and Cross-Flow Fans. Oxford Pergamon Press. New York, USA. 1973.
- FOX, Robert, W.; MCDONALD, Alan T.; PHILIP, J. Pritchard. Introdução à Mecânica dos Fluidos. Rio de Janeiro. Gen. Sétima edição. 2013.
- Holman, J. P. Experimental Methods for Engineering. 8 ed. Connect Learn Succeed, 2011.
- ISO 1940. Mechanical vibration: Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state. Segunda edição. 2003.
- KOTHE, B. L.; LUZ, R. L. J.; VECINA, J. D. T. Projeto de otimização de um ventilador centrífugo através da dinâmica dos fluidos computacional (CFD). *Revista Técnico-Científica*. PR. 2016.
- MACINTYRE. Ventilação Industrial e Controle da Poluição. Rio de Janeiro. Gen. 2008.
- MORDOR INTELLIGENCE. Global Centrifugal Fans Market (2017–2022). Bengaluru, Índia. 2017.
- Neto P. J. M. R. Bancada Didática de Sistema de Ventilação. XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Cobenge. 2005.
- Oliveira, W.; FILHO, M. N.; FERNANDES, C. E. Um Critério Baseado nas Características Locais do Escoamento para a Determinação do Número Ótimo de Pás de Rotores de Turbo-máquinas. IX Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas. Caxambu, MG. 2002.
- PFLEIDERER, C. Bombas Centrífugas y Turbocompressores. Editora Labor, Espanha, 1960.
- SHARMA, N. e KARANTH, V. K. Numerical Analysis of a Centrifugal Fan for Improved Performance using Splitter Vanes. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2009
- SIGLOCH, H. Strömungsmaschinen Grundlagen und Anwendungen. Carl Hanser Verlag. 1984.
- TRANSPARENCY MARKET RESEARCH. Ventilation Fans Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2015 – 2023. Canada, U.S.A. 2016.



GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais
Área/Linha de Pesquisa: Engenharia Aplicada à Tecnologia de
Materiais



ANÁLISE COMPARATIVA DAS FORÇAS DE TREFILAÇÃO TEÓRICAS E PRÁTICAS UTILIZANDO UM DISPOSITIVO DE TREFILAR BARRAS DE ALUMÍNIO DESENVOLVIDO PARA UMA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAIOS

Aluno: Charles Luís Batistella

Orientador: Prof. Msc. Arthur Bortolin Beskow

INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste no desenvolvimento de um dispositivo para trefilação de barras de alumínio com o objetivo de medir e comparar as forças reais com as forças teóricas do processo. Para o trabalho foram utilizados corpos de prova em barra redonda de alumínio AA 6351 com classe de encruamento T6, com diferentes diâmetros iniciais e diâmetro final de 14 mm. Para realizar a trefilação foi desenvolvido um dispositivo que foi fixado à máquina universal de ensaios disponível no Laboratório de Ensaios Mecânicos da URI – Campus de Erechim. A ferramenta utilizada para trefilação, a fieira, foi projetada com um ângulo ótimo de 15,5°. A partir dos ensaios preliminares realizados foi possível identificar que a força e o atrito real são maiores que os encontrados através das equações empíricas. O atrito tem forte influência sobre os resultados obtidos, assim como a velocidade em que o processo está ocorrendo e o acabamento da fieira.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização dos ensaios de trefilação foi desenvolvido um dispositivo específico para tal fim, o qual foi acoplado na base inferior da máquina universal de ensaios. A máquina foi utilizada no modo de tração aplicando a força necessária para que a barra atravessasse a fieira.

Na Fig. 1(a) está apresentada uma imagem do dispositivo já fixado na máquina universal de ensaios e na Fig. 1(b) é possível visualizar o projeto do dispositivo com as suas respectivas partes sendo: o corpo porta fieira (posição 01), a tampa (posição 02), o calço da fieira (posição 03), a fieira (posição 04) e o corpo de prova que será trefilado (posição 05).

A liga de alumínio escolhida para realização dos ensaios de trefilação foi a AA6351 com designação de tempera padrão T6, a qual foi submetida a um tratamento térmico de recozimento para recuperar a ductilidade do material e possibilitar a trefilação a frio.

Foram realizados sete experimentos totalizando 14 barras com diferentes diâmetros iniciais.

Em quase todos os processos industriais de fabricação por deformação a frio, os metais e ligas tem comportamento mecânico definido pela lei de Hollomon com encruamento de curva parabólico ou potencial (PACHECO e BESKOW, 2012). Para determinação desta equação foram realizados ensaios de tração através de corpos de prova padronizados onde foi obtido, para o alumínio recozido, o gráfico tensão x deformação verdadeira da região plástica apresentado na Fig. 2. Com a curva gerada no gráfico, é possível obter a equação de Hollomon.

$$\sigma_e = 172,68|\varphi|^{0,1733} \quad (1)$$

onde σ_e é a tensão de escoamento [kgf/mm^2] e φ é o coeficiente de deformação.

Batistella, C.L., Beskow, A. B.

Análise Comparativa das Forças de Trefilação Teóricas e Práticas Utilizando um Dispositivo de Trefilar Barras de Alumínio Desenvolvido para uma Máquina Universal de Ensaio

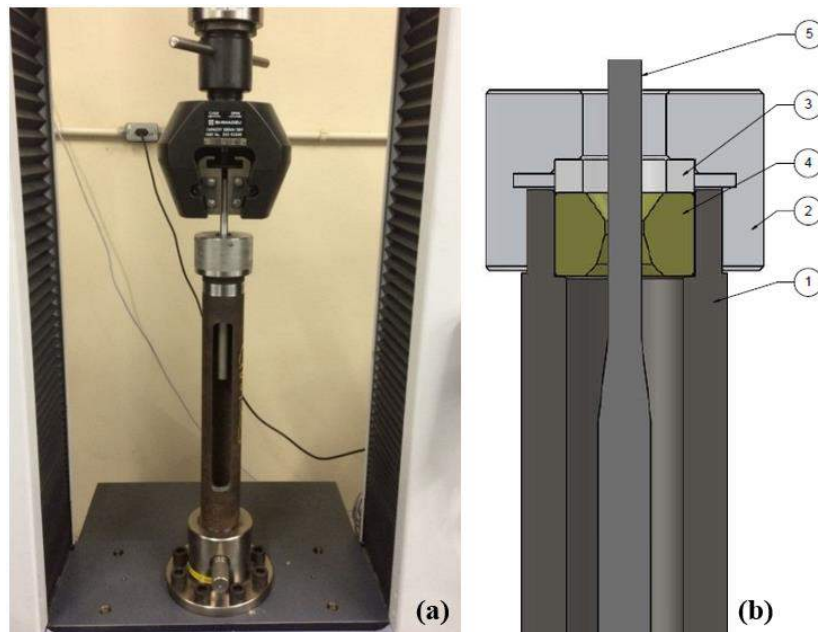


Figura 1 – Dispositivo desenvolvido para trefilação

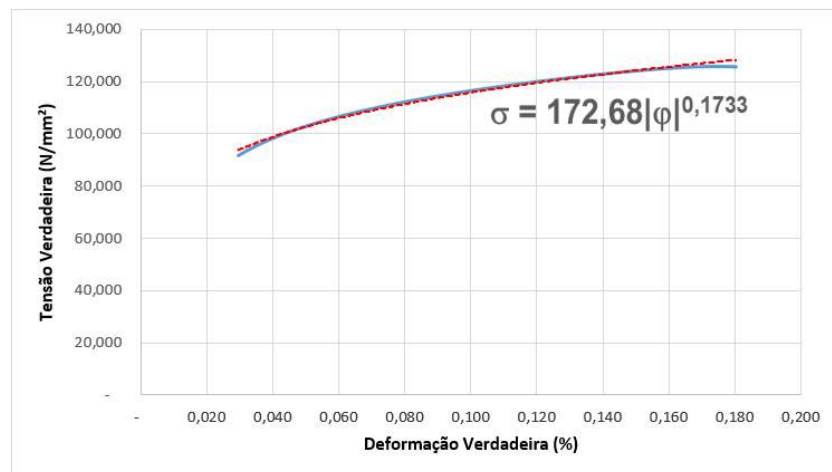


Figura 2 – Gráfico Tensão x Deformação Verdadeira da região plástica

Os principais parâmetros obtidos através da equação de Hollomon para dimensionamento da fieira são apresentados na Tab. 1.

Tabela 1 – Parâmetros para dimensionamento da fieira

Variável	Símbolo	Valor	Unidade
Diâmetro inicial da barra	D_o	19	mm
Diâmetro final da barra	D_1	14	mm
Coefficiente de atrito	μ	0,1	-
Máxima redução possível	φ_{Amax}	-0,61	%
Ângulo ótimo de trefilação	α_{ot}	15,5°	-
Tensão de escoamento média	$\bar{\sigma}_e$	108,72	kgf/mm ²
Força de trefilação	F	973,2	kgf
Velocidade de trefilação	V	30	mm/min
Grau de esforço	a	0,75	-

A Fig. 3 mostra a seção transversal da fieira utilizada nos experimentos com suas respectivas dimensões.



Figura 3 – Fieira

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados e resultados obtidos nos experimentos estão apresentados na Tab. 2.

Tabela 2 – Dados e resultados dos experimentos

Experimentos								
Barra	D ₀ [mm]	D ₁ [mm]	l ₀ [mm]	l ₁ [mm]	Velocidade [mm/min]	Força [kgf]	μ	α
EXP-1	19,05	14	350	-	30	1616,30	-	-
EXP-2	17,5	14	320	-	30	1356,74	1,09	1,0259
EXP-3	17,5	14	320	-	60	1262,54	0,78	0,95
EXP-4	17,5	14	320	-	200	1332,54	0,99	1,008
EXP-5	15,9	14	300	343	150	997,514	0,76	0,684
EXP-6	15,9	14	300	348	150	973,241	0,71	0,67
EXP-7	15,9	14	300	350	200	993,915	0,75	0,682
EXP-8	15,9	14	300	347	30	1002,02	0,76	0,687
EXP-9	17,5	14	320	-	200	1345,14	1,04	1,017
EXP-10	17,5	14	320	-	60	1400,02	1,79	1,085
EXP-10B	17,5	14	-	-	120	1434,54	1,9	1,093
EXP-10C	17,5	14	-	-	200	1447,93	-	-
EXP-11	19,05	14	297	-	60	1726,53	-	-
EXP-12	19,05	14	298	-	60	1759,98	-	-
EXP-13	18,2	14	294	397	60	1537,35	-	-
EXP-14	18,6	14	293	412	60	1673,94	-	-

Na barra EXP-1 não ocorreu a trefilação, pois a força ultrapassou o limite de resistência do material ocorrendo a ruptura das pontas das barras. Com base neste experimento foi possível perceber que a metodologia utilizada para dimensionar a força de trefilação não foi adequada ou que o coeficiente de atrito é maior que o estipulado. A ruptura ocorreu da mesma forma nas barras EXP-11 e EXP-12 correspondentes ao sexto experimento.

No segundo experimento, barra EXP-2, o diâmetro foi reduzido para 17,5 mm e a barra lubrificada com graxa de lítio Molykote BR-2 Plus com bissulfeto de molibdênio para diminuir o

atrito e o desgaste da fieira. Nos cálculos realizados foi obtido uma força de 715,5 *kgf* utilizando 0,1 de coeficiente de atrito. No entanto, durante a trefilação a força encontrada foi de 1.356,74 *kgf* e o coeficiente de atrito 1,09. Desta forma, pode ser percebido que o atrito está acima do proposto na literatura, indicando possivelmente que o polimento da superfície da fieira não esteja adequado, a velocidade de trefilação está baixa ou a barra está com muita rugosidade na superfície. A Fig. 4 (a) mostra a macrografia da barra. Na região trefilada, Fig. 4 (b) os grãos estão alongados e achatados e na região não trefilada eles estão mais equiaxiais como mostra a Fig. 4 (c). Também pode ser observado que não ocorreram defeitos internos na barra como se esperava.

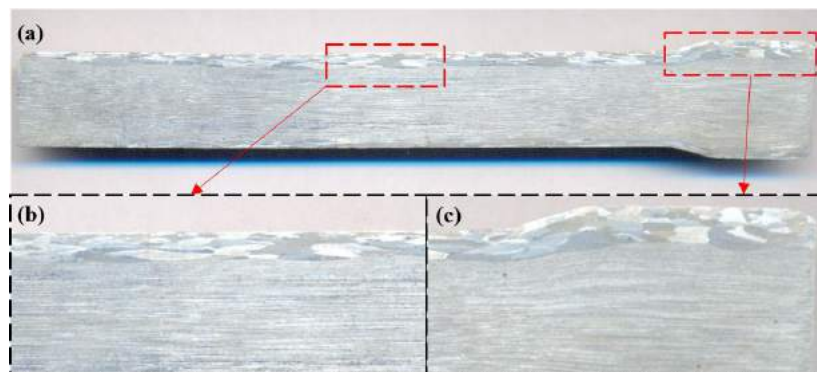


Figura 4 – Macrografia da barra EXP-2

Para a realização do terceiro experimento, barras EXP-3 e EXP-4, a fieira teve o cilindro de calibração e o cone de entrada polidos. Mesmo após o polimento a fieira apresentou muitos riscos superficiais os quais foram reproduzidos na superfície das barras trefiladas. Não houve melhorias significativas na força de trefilação com o polimento e também não surgiram defeitos internos. No entanto, o coeficiente de atrito teve uma redução de 28,44 % para a barra EXP-3 e de 9,2 % para a barra EXP-4 quando comparadas com o segundo experimento.

As barras EXP-5, EXP-6, EXP-7 e EXP-8, correspondentes ao quarto experimento, tiveram o diâmetro reduzido para 15,9 *mm* e novamente a fieira foi polida, onde houve uma melhoria no acabamento da fieira e na superfície das barras. Consequentemente com a redução do diâmetro inicial, houve uma diminuição da força de trefilação em comparação com os experimentos anteriores. Da mesma forma, o grau de esforço (α) ficou em média 0,68 o que indica que não defeitos internos já que “ α ” deve ser menor que 0,75 para se ter uma trefilação sem imperfeições.

No quinto experimento, barra EXP-9 e EXP-10, foram utilizados corpos de prova com diâmetro inicial de 17,5 *mm*. Sendo que para estes ensaios a fieira já estava polida, houve um leve aumento na força de trefilação quando comparado com resultados do terceiro experimento, ao contrário do que se esperava. Comparando a barra EXP-9 com a barra EXP-4 do terceiro experimento (mesmo diâmetro e mesma velocidade de trefilação), não ocorreram mudanças significativas na força e nos seus coeficientes. A barra EXP-10 se mostrou estável durante a trefilação. Esta estabilidade pode ser decorrente do tratamento térmico ter sido ineficiente onde o material ficou menos dúctil aumentando a resistência da barra e a força de trefilação.

Como já mencionado, no sexto experimento, as barras EXP-11 e EXP-12 com diâmetros iniciais de 19,05 *mm* ultrapassaram o limite de resistência do material ocasionando a ruptura dos corpos de prova sem que ocorresse a trefilação.

A fim de averiguar qual é o maior diâmetro que pode ser trefilado com os parâmetros da fieira e com velocidade de 60 *mm/min*, as barras do sétimo experimento nominadas EXP-13 e EXP-14, foram usinadas com um diâmetro intermediário de 18,2 *mm* e 18,6 *mm* respectivamente. Como as barras foram usinadas após o recozimento, ficaram com ranhuras superficiais nas quais retêm o lubrificante por mais tempo na barra fazendo com que o atrito seja diminuído facilitando o processo. Na Fig. 5 (a) e (b) pode-se observar no detalhe as ranhuras dos corpos de prova após a trefilação e na

Fig. 5 (c) a macrografia que comprova que, mesmo a força se aproximando do limite de ruptura do material, não ocorreram defeitos internos nas barras.

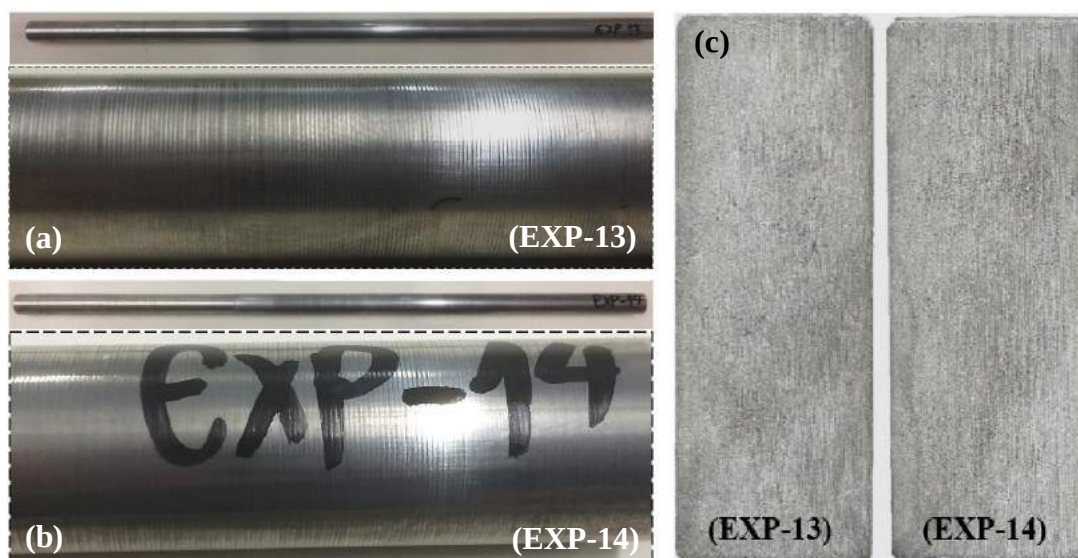


Figura 5 – Barras EXP-13 e EXP-14

Na Tab. 3 estão apresentados os dados de força medidos durante a trefilação bem como a tensão resultante sobre a barra na saída da fiação e o deslocamento total de trefilação. Já na Fig. 6 está apresentado o gráfico das forças de trefilação das barras em cada um dos experimentos.

Tabela 3 – Máximas forças medidas durante a trefilação de cada um dos experimentos

Nome	Máx_Força	Máx_Tensão	Máx_Deslocamento
Parâmetros	Cálculo de áreas completas	Cálculo de áreas completas	Cálculo de áreas completas
Unidade	kgf	kgf/mm ²	mm
EXP 2	1356,74	8,68895	51,4674
EXP 3	1262,54	8,20160	32,6299
EXP 4	1332,54	8,65635	29,0885
EXP 5	997,514	6,47997	177,212
EXP 6	973,241	6,32229	142,837
EXP 7	993,915	6,45659	96,5884
EXP 8	1002,02	6,50925	53,0424
EXP 9	1345,14	8,73819	79,3885
EXP 10	1400,02	9,09468	19,6299
EXP 10B	1434,54	9,31891	0,15994
EXP 10C	1447,93	9,40590	0,25561
EXP 11	1726,53	11,2157	26,7599
EXP 12	1759,98	11,4330	39,6699
EXP 13	1537,35	9,98678	241,010
EXP 14	1673,94	10,8741	184,930
Média	1349,60	8,75882	78,3113
DesvioPadrão	266,088	1,72858	74,5376
Faixa	786,739	5,11071	240,850

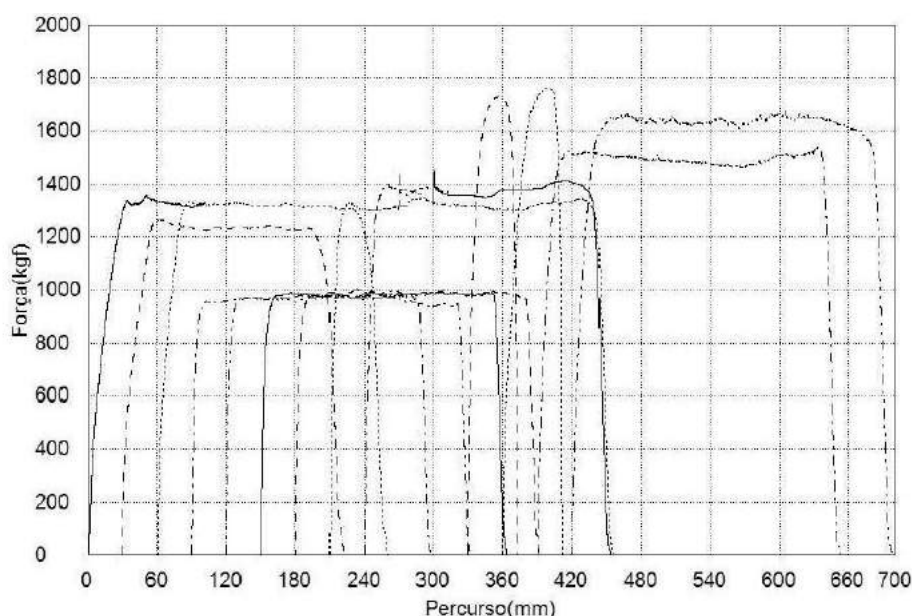


Figura 6 – Gráfico das forças de trefilação

CONCLUSÕES

No decorrer deste trabalho foi possível compreender as limitações impostas pelo processo de trefilação, sendo possível avaliar os fatores que interferem no resultado final do processo, tais como atrito, força e velocidade de trefilação. Através da metodologia escolhida para a realização dos cálculos, foi encontrada a força teórica necessária para a realização dos ensaios e o ângulo ótimo de fieira.

Através dos ensaios realizados é possível verificar que a diminuição do diâmetro inicial das barras, resultam em uma força de trefilação menor para o mesmo diâmetro de saída, mesmo ângulo de fieira e mesma velocidade do processo e foi possível obter barras trefiladas sem defeitos.

O elevado atrito entre a barra e a fieira, associado aos fatores de velocidade e força de trefilação, interferiram nos resultados finais obtidos, uma vez que o atrito é responsável pelo aumento da força de trefilação. Desta forma é necessário adequar estes fatores visando um melhor dimensionamento dos esforços teóricos, aproximando dos valores reais.

O polimento do cone de entrada e do cilindro de calibração da fieira não mostraram mudanças significativas na força de trefilação como era esperado, o que indica que o polimento não é o ideal. Mesmo assim, percebeu-se que há uma leve melhora no coeficiente de atrito e consequentemente uma redução no grau de esforço quando comparadas barras com o mesmo diâmetro de entrada.

A metodologia utilizada proporciona a correlação das forças teóricas com as forças reais encontradas durante o processo. Através dos dados obtidos, evidencia-se que a força real é muito maior em relação à calculada através das equações empíricas utilizadas, sugerindo que o atrito é bastante elevado.

Por fim, o dispositivo de trefilação desenvolvido para o processo se mostrou eficiente, operacionalmente seguro e de fácil manuseio.

REFERÊNCIAS

PACHECO, J.; BESKOW, A. B. **Apostila de Processos de Conformação**. Porto Alegre, 2012.



GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais
Área/Linha de Pesquisa: Engenharia Térmica e de Escoamentos
ESTUDO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RADIAÇÃO EM UM
CONCENTRADOR CILÍNDRICO PARABÓLICO DE FOCO LINEAR



Aluno: Elias Ricardo Molozi

Orientador: Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza

INTRODUÇÃO

Fontes de energia renováveis estão ao alcance de todos, sendo que sua utilização ajuda a melhorar a qualidade de vida da população, contribuindo assim para uma sociedade cada vez mais sustentável. A energia solar é uma dessas fontes que, se bem aproveitada, possibilita desde o aquecimento de água para banho até a geração de energia elétrica para abastecer residências, indústrias e até mesmo pequenas cidades. Segundo estudo da IEA (*International Energy Agency*) (2010) até o ano de 2015 haverá um significativo aumento da demanda energética mundial. Vários cenários foram projetados entre os anos de 2007 e 2050 por este relatório e, em um cenário mais conservador, previu-se que o consumo mundial de energia primária terá um crescimento de 84%. Este mesmo cenário prevê um crescimento muito lento no uso da energia fóssil, já energia nuclear e as renováveis crescerão de forma elevada neste período.

Os concentradores solares cilíndricos parabólicos, além de ser uma alternativa sustentável para aquecimento de água em residências, propriedades rurais e também em pequenas indústrias são uma alternativa barata para este tipo de geração de energia, pois podem ser construídos com material de baixo custo, como retalhos de chapa de aço ou alumínio, retalhos de espelhos e também sucata de ferro para construção da base. A base pode também ser construída com materiais mais leves, como por exemplo, madeira ou chapas de aglomerado, evitando assim, a perda de calor quando em contato com os materiais condutores de energia do concentrador.

O presente trabalho tem por objetivo testar um protótipo de concentrador cilíndrico parabólico de foco linear para aquecimento de água, visando obter temperaturas de saída com ΔT acima de 20 °C obtendo como fonte de energia para aquecimento da água apenas a energia solar refletida na calha parabólica e concentrada no tubo absorvedor.

O CONCENTRADOR SOLAR CILÍNDRICO PARABÓLICO DE FOCO LINEAR

O protótipo utilizado no presente trabalho é constituído pelas seguintes partes:

- Calha parabólica: uma chapa de alumínio com 1,48 m de comprimento com 1,2 mm de espessura que foi revestida com segmentos de espelho medindo 74 cm de comprimento por 5 cm de largura, e abertura de 86 cm;
- Tubo receptor de cobre: pelo qual escoar a água a ser aquecida, revestido por uma fina camada de tinta preta fosca para melhor absorver os raios solares e diminuir sua emissividade, com um comprimento total de 1,90 m, porém a luz solar refletida pela calha incidirá somente sobre a parte do tubo que ficará dentro da calha que é de 1,48 m, o diâmetro externo é 28 mm e diâmetro interno 26 mm. Na saída do tubo receptor foi instalado uma válvula globo para controlar a vazão e também garantir que o tubo receptor esteja completamente preenchido com água;

- Um tubo de vidro: de boro silicato, com 1,48 m de comprimento que envolve o tubo receptor de cobre, o qual foi evacuado para diminuir as perdas pela transferência de calor condução e convecção. O diâmetro do tubo é 48 mm;
- Conectores: feitos de *nylon*, que conectam o tubo receptor e o tubo de vidro, separando-os;
- Braços: feitos em aço carbono que conectam o tubo receptor ao eixo de rotação, mantendo o tubo receptor centrado no concentrador.
- Eixo de rotação: faz a movimentação do protótipo do concentrador no eixo leste-oeste;
- Estrutura: fabricada em barras de aço tubular para sustentar a calha do concentrador;

A figura 1 apresenta o protótipo do concentrador que foi utilizado nos testes experimentais.



Figura 1 – Protótipo do concentrador cilíndrico parabólico de foco linear.

MÉTODO EXPERIMENTAL

No dia 09 de novembro de 2018 realizaram-se os primeiros testes, com uma temperatura ambiente de 27 [°C], a água encontrava-se a uma temperatura de 23 [°C], a pressão atmosférica indicada no barômetro foi de 975 [hPa], a radiação solar estimada neste dia teve um valor médio de 550 [W/m²]. A vazão total do sistema foi medida utilizando a equação (1).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

onde, Q é a vazão volumétrica, dada em [m³/s], V é o volume, dado em [m³] e t é o tempo, dado em [s].

Restringiu-se a válvula na saída do tubo absorvedor ao máximo, de modo que, um recipiente de 1 litro demorou 38,38 segundos para ficar completamente cheio. Com isto, aplicou-se a equação (1) e obteve-se o valor de 1,56 [l/min], como sendo a vazão do sistema.

Com estas condições o protótipo do concentrador ficou exposto ao Sol, das 15 horas até as 15 horas e 45 minutos. As temperaturas de entrada e saída do fluido foram medidas em intervalos de 15 minutos. A temperatura superficial do tubo também foi medida neste intervalo de tempo.

Na saída do tubo absorvedor foi instalada uma válvula de vazão do tipo globo, para controlar a vazão do sistema. Uma mangueira foi acoplada a um reservatório e na entrada do tubo receptor, ficando a uma altura de 0,8 [m] em relação a entrada do concentrador.

O escoamento da água ocorreu por gravidade, com a válvula de vazão na saída fechada, preenchendo o tubo receptor com água. As 15 horas foi realizada a primeira medida de temperatura

da água na entrada do equipamento, na superfície do tubo receptor de cobre, na superfície do tubo de vidro, a válvula esfera foi aberta e mediu-se a temperatura da água na saída do tubo .

Após a medida da temperatura na saída, o registro foi fechado novamente, a posição da calha do concentrador foi ajustada em relação ao sol, o concentrador ficou exposto a luz solar por um período de aproximadamente 15 minutos, então efetuou-se novamente as medidas de temperatura da água na entrada do tubo receptor, as temperaturas na superfície do tubo receptor e também na superfície do tubo de vidro, abriu-se a válvula e mediu-se a temperatura de saída da água.

Este processo repetiu-se mais uma vez, fechando assim o ciclo de 45 minutos do concentrador exposto ao sol.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o sistema completamente instalado e a vazão mínima do sistema determinada realizou-se o primeiro levantamento das temperaturas, as 15 horas e 15 minutos do dia 09 de novembro de 2018, com uma radiação média de 550 [W/m²].

As práticas adotadas nas medições deste trabalho foram as seguintes:

- Posicionou-se o concentrador solar em local exposto a luz solar direta, registrando-se a data e a hora;
- Verificou-se que a válvula instalada na saída do concentrador estava fechada;
- Conectou-se o reservatório ao concentrador, de modo que água escoasse e fosse acumulada no interior do tubo receptor;
- Cronometrou-se um período de 15 minutos;
- Utilizando o termômetro mediram-se a temperatura do tubo de vidro, em posição próxima ao centro do concentrador, e a temperatura do tubo de cobre na extremidade de saída;
- A válvula de saída foi aberta e o termômetro foi colocado em contato com a vazão de saída. Registrou-se a temperatura instantânea da água e o período necessário para que a temperatura registrada diminuísse em 1 °C, devido ao escoamento de água não aquecida.

Dado esse procedimento realizado 'em batelada', a transferência de calor da superfície do tubo de cobre para a água é um fenômeno dominado por difusão do calor. Assim, pode-se computar um rendimento do concentrador em função do balanço de energia entre o aquecimento de uma massa de fluido e a radiação solar incidente no concentrador ao longo dos quinze minutos.

A tabela a seguir apresenta os dados de medição para uma situação de teste em que o concentrador estava em posição horizontal, ou seja, havia um ângulo de incidência.

Tabela1 – Primeira amostragem de temperaturas do sistema em [°C] com vazão mínima

Temperatura da água na entrada	23
Temperatura da água na saída	34
Temperatura superficial do tubo de cobre na saída	35
Temperatura superficial do tubo de vidro	48
Vazão [Q] [l/min]	1,56
Tempo de operação com a temperatura máxima (t) (s)	22

Após a primeira amostragem de temperaturas pode-se observar um ganho de temperatura em relação a entrada de 11 [°C]. A temperatura superficial do tubo de cobre, na saída, está apenas um grau acima da temperatura do fluido em seu interior, já o tubo de vidro possui uma temperatura 25 [°C] superior a temperatura de entrada do fluido.

A determinação do ângulo de incidência foi realizada utilizando o "Solar Angle Calculator" <<http://www.powerfromthesun.net/calculators/AngleCalc.html>>, empregando-se as informações de latitude, dia do ano e hora solar. O ângulo de incidência obtido foi de 29,5°.

A partir dos dados da tabela 1, calculou-se o rendimento do concentrador como:

$$\varepsilon_{conc.} = \frac{mc_p \Delta T}{I \cos \theta_{inc} t A} \quad (2)$$

sendo m a massa de fluido no interior do coletor, em [kg], c_p o calor específico da água, em [J/kg·K], ΔT a diferença de temperatura, em [°C], I a irradiação horizontal global obtida do atlas solar, em [W/m²], θ_{inc} o ângulo de incidência, t o período de quinze minutos em [s], e A a área do coletor [m]. Para as condições desse teste, o rendimento do concentrador foi de 4%.

O sistema foi rearranjado para que a calha ficasse voltada para o sol aproveitando ao máximo a incidência dos raios solares. Às 15 horas e 30 minutos foi realizada a segunda amostragem, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Segunda amostragem de temperaturas do sistema em [°C] com vazão mínima

Temperatura da água na entrada	25
Temperatura da água na saída	56
Temperatura superficial do tubo de cobre na saída	35
Temperatura superficial do tubo de vidro	35
Vazão [Q] [l/min]	1,56
Tempo de operação com a temperatura máxima (t) (s)	22

Nesta segunda amostragem pode-se verificar um aumento de temperatura de 22 [°C] na saída em relação a primeira amostragem, e um aumento de 31 [°C] em relação a temperatura do fluido na entrada do sistema. A temperatura da água na entrada do tubo de cobre permaneceu praticamente inalterada, passando de 23 [°C] para 25 [°C], a temperatura superficial do tubo de cobre permaneceu a mesma da medida anterior de 35 [°C], já a temperatura do tubo de vidro caiu drasticamente. Nesta segunda amostragem a temperatura do tubo de vidro registrada foi 13 [°C] menor do que a temperatura registrada na primeira amostragem. Este fato ocorreu devido ao vento que havia na hora da realização da medida. O dia estava ensolarado e com poucas nuvens, porém em alguns períodos havia uma forte corrente de vento. Esta corrente certamente contribuiu para a queda de temperatura no tubo de vidro.

Este segundo teste foi realizado de maneira análoga ao primeiro, exceto que o concentrador foi orientado diretamente para o sol, de modo que o ângulo de incidência foi zero. A partir dos dados coletados e apresentados na tabela 2, calculou-se novamente o rendimento do concentrador através da equação (2). O protótipo do concentrador apresentou rendimento de 9,2%.

A terceira amostragem de temperaturas foi realizada às 15 horas e 45 minutos e está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Terceira amostragem de temperaturas do sistema em [°C]

Temperatura da água na entrada	28
Temperatura da água na saída	69
Temperatura superficial do tubo de cobre na saída	36
Temperatura superficial do tubo de vidro	52
Vazão [Q] [l/min]	1,56
Tempo de operação com a temperatura máxima (t) (s)	22

Observou-se com esta amostragem que a temperatura na saída está em constante elevação, quanto mais exposto ao sol o concentrador fica, maior é a elevação da temperatura na saída. Nesta terceira etapa de medidas a temperatura na saída tem um ΔT 13 [°C] superior a da segunda amostragem e 41 [°C] superior a temperatura de entrada do concentrador. A temperatura na entrada do sistema novamente teve pouca variação, passando de 25 para 28 [°C]. A temperatura superficial

na saída do tubo de cobre manteve-se praticamente constante, passando de 34 para 36 [°C], já a temperatura no tubo de vidro, agora medida sem a influência do vento, pois a calha estava posicionada de maneira que bloqueava a corrente, subiu 4 [°C] em relação a primeira medida, e 17 [°C] superior a segunda medida onde havia a influência do vento sobre o tubo de vidro, ficando em 52 [°C].

Calculou-se novamente o rendimento do protótipo do concentrador através da equação (2), obtendo um valor de 10,7%.

CONCLUSÕES

O protótipo estudado neste trabalho, tem por objetivo o aquecimento de água, para ser utilizada em residências. Esta água aquecida poderia, por exemplo, atender as necessidades de banho, de torneiras aquecidas e de lavadora de roupa e louça.

O protótipo, possui alguns problemas construtivos, como por exemplo o formato da calha, que não é perfeitamente parabólico, e o ponto focal que está 20 [mm] fora de posição, e mesmo assim mostrou-se capaz de aquecer água a temperaturas superiores aos 50 [°C]. Entretanto não é capaz de aquecer água de forma contínua, o que impossibilita o seu uso para o banho, por exemplo. Da forma como está operando o protótipo do concentrador pode ser utilizado para aquecimento de água a ser acumulada em um reservatório isolado termicamente, através de um sistema automatizado de controle de vazão, no qual quando a temperatura desejada é atingida a válvula abre e transfere a água a outro reservatório.

REFERÊNCIAS

BEJAN, A. **Transferência de Calor**. São Paulo, Blücher, 1996.

BERTUOL, L. **Projeto, Fabricação e Análise de um Concentrador Solar Cilíndrico Parabólico de Foco Linear**. 2017. Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, URI, Erechim, 2017.

CUNHA P. C. R.; SANTOS K. G.; URIAS P. M.; ARAÚJO K. S. **Projeto e construção e de um concentrador solar cilíndrico parabólico para aquecimento de fluidos**. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Belo Horizonte, MG, v.1, n. 1, p. 1-5, nov. 2014.

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática**. 4 ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2012.

EDENBURN M. W. **Performance analysis of a cylindrical parabolic focusing collector and comparison with experimental results**. Solar Energy, v.18, n. 5, p. 437–444, abr. 1976.

ERBS, D. G.; KLEIN, S. A.; DUFFIE, J. A. **Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly-average global radiation**. Solar Energy, v. 28, i. 4, p. 293-302, 1982.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

Elias Ricardo Molozi e Marco Antônio Sampaio Ferraz de Souza
Estudo da Transferência de Calor por Radiação em um Concentrador Cilíndrico Parabólico de Foco Linear

KREITH, F.; MANGLIK, R. M.; BOHN, M. S. **Princípios da Transferência de Calor**. 7 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

PRECZEWSKI, R. **Caracterização das Trocas Térmicas em um Concentrador Solar Cilíndrico Parabólico de Foco Linear**. 2016. Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, URI, Erechim, 2016.

**GEAPI – Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais
Gestão da Construção Civil****PROPOSTA E VALIDAÇÃO DE UM ARTEFATO DE MEDIÇÃO
DESEMPENHO DA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS ASSOCIADO A UMA
NOTA FINAL****Aluno: Felipe Antônio Franceschi
Orientador: Prof. MSc. Rafael Petri Zanardo****INTRODUÇÃO**

A medição de desempenho vem ganhando um grande espaço como ferramenta que auxilia os profissionais na busca por melhores resultados financeiros e maior eficiência operacional. Neste contexto, a construção civil, setor estratégico da economia, verifica a necessidade de melhorar sua performance e para isso busca sistemas de controle de desempenho no canteiro de obra e nos escritórios de projetos.

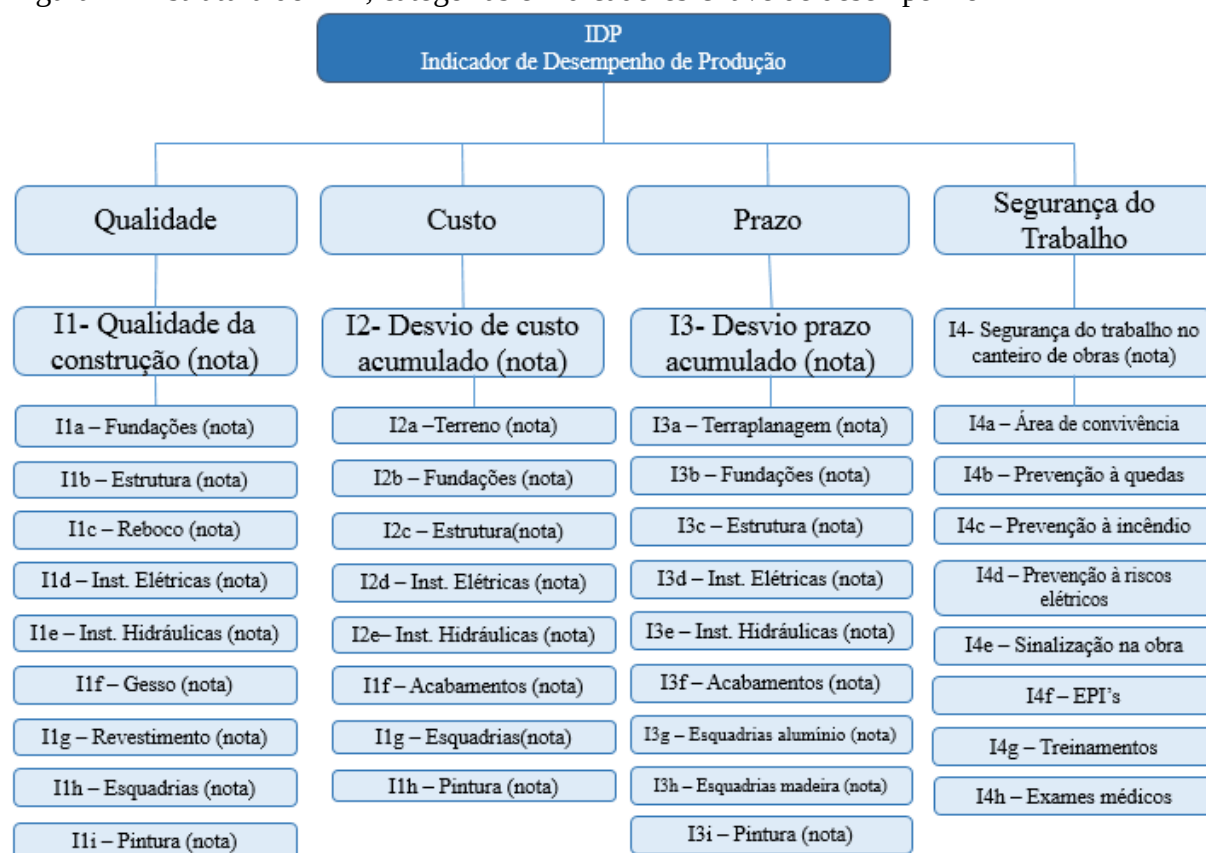
No entanto, apesar de sua importância, o setor da construção civil encontra diversas barreiras para a concepção, implementação e uso dos sistemas de indicadores de desempenho nas empresas. A maior delas é a resistência das pessoas para a coleta, processamento e análise dos dados dos indicadores e também a inclusão na rotina organizacional (COSTA, 2003), já que em algumas organizações, a medição de desempenho é considerada como um mecanismo de controle e punição (SINK; TUTTLE, 1993). O uso da medição como uma ameaça tende a aumentar a resistência das pessoas para a coleta dos dados dos indicadores e à inclusão desse processo na rotina do trabalho. Este fator se agrava quando aplicado a obras civis, tendo em vista a baixa qualificação da mão de obra e sua abundância (LANTELME, 2001).

Para que este problema seja reduzido ou sanado, deve-se incluir na cultura da empresa a prática de controlar desempenho e medir resultados. Neste contexto, o presente trabalho apresenta um artefato de medição de desempenho de obras civis através da atribuição de notas. Este modelo, proposto por Gosch (2012), é formado por indicadores-chave de desempenho que formam um único Indicador de Desempenho de Produção (IDP). O IDP proporciona às empresas construtoras avaliar sistemicamente o desempenho de suas obras, durante o processo de execução e realizar *benchmarking* com outras obras já realizadas, comparando seus resultados (notas). O IDP proposto é composto por indicadores de desempenho, estruturado em 4 categorias: qualidade, custo, prazo e segurança do trabalho. Cada categoria é formada por indicadores específicos. Para selecionar os indicadores foram consideradas práticas reconhecidas no mercado, estudos nacionais e internacionais, experiência do pesquisador, além dos requisitos usualmente considerados na escolha de indicadores (seletividade, estabilidade, simplicidade, baixo custo, acessibilidade, representatividade, rastreabilidade, abordagem experimental). Após a seleção dos indicadores e a formulação do IDP, validou-se estes indicadores em uma obra civil residencial e comercial, a fim de verificar sua eficácia.

METODOLOGIA

O indicador de desempenho de produção (IDP) proposto neste estudo, visa medir o desempenho da produção de obras civis, mais especificamente de prédios residenciais e comerciais de múltiplos pavimentos em alvenaria. O IDP é constituído por 4 categorias, consideradas os pilares fundamentais para esta atividade, e seus respectivos indicadores, conforme exposto na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura do IDP, categorias e indicadores-chave de desempenho



Fonte: AUTOR (2018)

A proposta deste IDP visa responder algumas questões referentes ao desempenho da obra:

- A qualidade dos materiais utilizados e dos serviços executados atendem ao padrão?
- A obra está com o custo maior ou menor do que o orçado?
- A obra está atrasada ou adiantada, de acordo com o planejamento?
- O ambiente de trabalho é seguro?

O método propõe que os indicadores sejam mensalmente coletados, e avaliados semestralmente, fornecendo informações para tomada de decisão e possibilitando a comparação dos resultados atingidos entre obras.

Para determinar a importância relativa de cada indicador de sua categoria e de cada categoria dentro do IDP, o autor aplicou questionários a gestores de empresas construtoras, sendo que os dados foram tratados através do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), proposto por Saaty (1991).

Os indicadores de desempenho da categoria Qualidade (I1) são medidos por meio de avaliação técnica da construção, com base no sistema de medição de qualidade da QRO – Qualidade Real da Obra, desenvolvida pelo CTE (Centro de Tecnologia de Edificações). Esta avaliação consiste em inspecionar os serviços executados, *in loco*, com base em critérios pré-definidos. Estes critérios definem o que deve ser verificado, quais equipamentos devem ser utilizados, e a tolerância. Cada serviço foi inspecionado e, de acordo com qualidade do serviço constatada, associou-se uma nota (de 0 a 10). Para cada critério do produto ou serviço avaliado, foi atribuído um peso conforme seu grau de importância (1 – pouco importante, 2 – importante,

3 – muito importante). No final, tem-se a nota parcial para cada serviço avaliado e, calculando a média aritmética das notas dos serviços avaliados no mês, a nota final da obra naquele mês.

Para encontrar a nota semestral da qualidade, foi feita a média das avaliações mensais multiplicada pelo peso de cada indicador. O valor total da categoria ao final do semestre, é o somatório de todos os indicadores que o compõem. Os serviços que não foram executados ainda, receberam uma nota média (7,0) para que o resultado não fosse distorcido.

Os indicadores de custo, propostos neste estudo, são medidos através do Desvio de Custo Acumulado (I2) (SEBRAE, 2014). Estes indicadores são calculados pela razão entre a diferença do custo previsto (CP) e do realizado (CR), e o custo previsto (valores acumulados até a data da medição). O resultado é medido em percentual (%). Analisando o percentual obtido por esta razão, atribui-se uma nota, conforme Gosch (2012). Os serviços que não foram executados ainda, receberam uma nota 7,5, para que o resultado não fosse distorcido.

O desempenho da categoria prazo é medido por meio do Desvio de Cronograma Acumulado (I3), que é calculado pela diferença entre a duração prevista e a duração real da obra (ou de uma etapa), considerando como parâmetro o valor do último semestre (acumulado até o momento da coleta de dados deste indicador). A nota atribuída a cada intervalo calculado pelos indicadores de prazo está baseada na pesquisa realizada por Gosch (2012). Os serviços que não foram executados ainda, receberam uma nota média (7,5), para que o resultado não fosse distorcido.

Os indicadores de segurança no canteiro de obras (I4), proposto neste estudo, foram adaptados a partir do Índice de Boas Práticas em Canteiros de Obra, criado por Saurin e Formoso (2006). Este método consiste na inspeção das condições das instalações provisórias, da segurança do trabalho e do sistema de movimentação e armazenamento de materiais do canteiro de obras com base em uma lista de verificação. Nesta pesquisa foram verificados apenas os itens relacionados a categoria segurança do trabalho.

Conforme colocado por Saurin e Formoso (2006), o sistema de pontuação adotado estabelece que cada requisito de qualidade, de qualquer elemento, possui valor igual a 1 ponto. O item recebe o ponto caso esteja assinalada a opção “sim”. Existe uma tabela na lista de verificação, ao final de cada grupo, onde devem ser anotados os pontos obtidos (PO), os pontos possíveis (PP) e a nota do grupo, que é a relação entre PO e PP. Os pontos obtidos correspondem ao total de itens com avaliação positiva, enquanto os pontos possíveis, ao total de itens com avaliação positiva ou negativa. Para os fins de atribuição da nota são desconsiderados os itens marcados com “não se aplica”. Esta avaliação pode ser realizada por equipe interna capacitada ou por empresa especializada contratada. Para o presente estudo, a avaliação será feita pelo pesquisador.

Após o levantamento dos dados de cada semestre, pelos indicadores supracitados, obtém-se o cálculo do IDP. Este cálculo ocorre através da multiplicação das notas obtidas de cada indicador no semestre pelo seu peso, anteriormente definido. Ao final da obra, faz-se uma média dos períodos verificados, resultando na nota final da obra.

O autor selecionou uma obra civil para aplicar o IDP. A obra selecionada foi um prédio de alvenaria e concreto armado, que está em fase inicial de construção. Esta obra está localizada na cidade na região norte do Estado do Rio Grande do sul. O prédio será constituído de 11 pavimentos, sendo 2 andares de subsolo com garagens, andar térreo com 2 salas comerciais e 8 pavimentos com apartamentos (24 unidades). O autor coletou dados da obra entre os meses de maio a outubro de 2018.

Felipe Antônio Franceschi

Proposta e validação de um artefato de medição de desempenho da produção de edifícios associado a uma nota final

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a aplicação dos indicadores de desempenho de qualidade da obra, dentro do período analisado o autor percebeu uma elevação das notas. Isso se deu, principalmente por uma mudança de atitude por parte dos colaboradores. Ao saberem que seu desempenho estava sendo analisado, os funcionários do canteiro de obras passaram a tomar mais cuidado na execução de suas atividades, evitando desperdícios/retrabalhos, reduzindo imperfeições e melhorando a qualidade de seus serviços. Logo, este indicador se mostrou muito eficiente, não apenas para analisar o andamento da qualidade da obra civil em estudo, mas também para que os envolvidos com a construção melhorassem a qualidade de seus serviços prestados. A nota média dos indicadores de qualidade da obra, neste período, foi 7,6. Isso aponta que a qualidade dos processos, serviços executados e materiais utilizados estão dentro dos padrões exigidos, tendo alguns pontos que necessitam de melhorias.

Os indicadores de custo da obra não forneceram um parâmetro conclusivo no período avaliado. Isso pode ter ocorrido por alguns fatores, mas o principal é porque a construtora orça a obra com base em alguns contratos já estabelecidos, como a mão de obra terceirizada contratada por empreitada e a negociação do concreto usinado e aço realizadas antes do início da obra. Além disso, a empresa teve um custo muito menor do que o estimado na aquisição do terreno, impactando no indicador positivamente. O levantamento nesse curto período demonstrou que a obra está com seu custo em menor que o orçado, logo, a nota média deste indicador, no período avaliado, foi a nota 8,2.

Os indicadores de prazo – cronograma acumulado, apresentaram atraso na obra. Até o período levantado, a obra estaria com quase um mês e meio de atraso. Este fator ocorreu, pois teve um período muito chuvoso, dificultando a execução de alguns serviços. Além disso, alguns ajustes no projeto das fundações tiveram que ser feitos, mudando inclusive o tipo de algumas fundações, e atrasando suas execuções. A nota média deste indicador, no período avaliado, foi 7,6; isso demonstra que ações devem ser tomadas nos próximos meses para que a obra consiga ser finalizada no prazo estimado.

A última categoria de indicadores analisada foi a de segurança do trabalho no canteiro de obras, através da adaptação do Índice de Boas Práticas em Canteiros de Obra, criado por Saurin e Formoso (2006). Ao realizar as visitas à obra, este autor percebeu uma melhora na situação do canteiro, tanto por parte da empresa quanto pelos funcionários. Os colaboradores passaram a alertarem-se mutuamente sobre a utilização dos EPI's e a cobrarem dos responsáveis sobre a segurança no local. Este indicador obteve como nota no período analisado 7,2, demonstrando que a segurança do canteiro possui os requisitos mínimos de segurança, mas deve realizar melhorias. Esta categoria de indicadores de desempenho (segurança do trabalho) representa o maior peso dentro do IDP, corroborando a importância dentro do setor da construção civil.

Validando a metodologia, o IDP demonstrou notas médias próxima do valor 7, conforme as avaliações dos indicadores no decorrer do semestre analisado, o que representa que algumas melhorias devem ser feitas. No entanto, no decorrer das visitas ao canteiro de obras, este autor percebeu que ocorreu um incentivo para que os colaboradores e a empresa melhorassem a execução de suas atividades. Além disso, esta ferramenta apresenta um cenário real da obra, mostrando quais pontos merecem maior atenção da área de gestão.

CONCLUSÕES

O presente estudo buscou apresentar uma contribuição ao uso de indicadores de desempenho em obras civis residenciais e comerciais de múltiplos pavimentos, e uma

ferramenta às empresas da construção civil. O que se percebeu durante o levantamento bibliográfico é que um número pequeno de empresas do ramo da construção civil utiliza efetivamente este instrumento de gestão, sendo que organizações de outros setores já o conhecem a vários anos.

Apesar das dificuldades encontradas inicialmente para a aplicação desta ferramenta, principalmente no que tange colaboração de pessoas envolvidas na obra, os objetivos da pesquisa foram atingidos. Este autor conseguiu, efetivamente, implantar e validar indicadores de desempenho em uma obra civil em execução e confirmou sua importância e eficácia.

O IDP mostrou-se muito eficiente durante sua utilização, apontou pontos fortes da empresa, apresentou pontos que necessitam de melhorias, além de ser um incentivo para que os funcionários da obra apresentassem um melhor desempenho na execução de suas atividades. Outro fato relevante percebido durante a utilização dos indicadores no período citado, foi que proporcionou agilidade na resolução de problemas e, inclusive, auxiliou na constatação de deficiências que ainda estavam escusas.

A gestão eficiente de qualquer organização possui relação direta com o controle do desempenho de todas as áreas envolvidas, e este fato não exclui o ramo da construção civil. Apesar de ser um setor que se diferencia por suas enormes peculiaridades, o setor vem se adequando às necessidades do mercado e tentando melhorar seu desempenho.

REFERÊNCIAS

COSTA, Dayana B. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas da construção civil**. UFRGS. Porto Alegre 2003.

GOSCH, Samuel S. **Indicadores de desempenho da produção de edifício residenciais associados a uma nota final**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

LANTELME, E.M.V; TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C.T. **Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil**. Porto Alegre: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

SAATY, T. L. Método de análise hierárquica. São Paulo: Makron Books, 1991.

SAURIN, T.A.; FORMOSO, C. T. **Planejamento de canteiros de obras e gestão de processos** (Recomendações Técnicas HABITARE). 1. ed. V. 3: Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ANTAC). Porto Alegre, 2006.

SEBRAE. **Indicador de desempenho para o sucesso: custo**. 2014. Disponível em http://www.sebraemercados.com.br/wpcontent/uploads/2015/10/2014_07_23_BO_Maio_ConstrucaoCivil_Custos_pdf.pdf> Acesso em 18 abril 2018.

SINK D.S.; TUTTLE, T.C. **Planejamento e medição para performance**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais**
Área/Linha de Pesquisa: Gestão da Produção Industrial**PROPOSTA DE UM MODELO DE GESTÃO DA PRODUÇÃO PARA UMA
EMPRESA DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS****Aluno: Felipe Cella Dallazen****Orientador: Prof. MSc Rafael Petri Zanardo****RESUMO**

O presente estudo fundamenta-se no diagnóstico da atual situação em que uma empresa se encontra, elaborando um mapeamento dos processos e operações atuais a qual a empresa trabalha sob demanda de um determinado produto, com o intuito de propor melhorias através das ferramentas do Lean Manufacturing. Por fim, expressar graficamente o estado atual dos processos de fabricação do determinado produto e expressar possíveis mudanças quando de uma reorganização.

Palavras-chave: Gráfico de Balanceamento de Operadores. Mecanismo da Função Produção. Sistema Toyota de Produção. Lean Manufacturing.

1 INTRODUÇÃO

A gestão da produção industrial consiste no gerenciamento de recursos e processos que produzem e entregam bens e serviços, visando a atender as necessidades e/ou desejos de qualidade, tempo e custo de seus clientes. Dessa forma, é necessário que os gestores adotem uma nova mentalidade empresarial, baseada em flexibilidade, agilidade, velocidade e inovação. Para tal, as organizações necessitam ter um propósito consistente, baseado em diferencial competitivo sustentável, concretizando uma situação futura desejada (PASQUALINI; LOPES; SIEDENBERG, 2010).

Nesse cenário, a gestão da produção torna-se imprescindível, proporcionando ao presente estudo o diagnóstico de uma máquina artesanal (plantadeira agrícola manual), de suma importância para a empresa, apesar de caracterizar-se por sua produção limitada com o desenvolvimento tecnológico, responsabiliza-se por um grande número de exportações para vários países subdesenvolvidos. Nesse contexto, a gestão é objeto de melhoria da eficiência manufatureira por meio da aplicação de métodos para o desenvolvimento de um produto específico, possibilitando inferir uma forma de melhoria na eficiência manufatureira, através das ferramentas da gestão da produção (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).

2 REVISÃO**2.1 Sistemas Toyota de Produção**

Sistema Toyota de produção (STP) ou também conhecido como Lean Manufacturing é uma filosofia de gerenciamento que procura aperfeiçoar ou otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor tempo possível. (OHNO, 1997).

2.1.1 Lean Manufacturing

Denominação que expressa um sistema de produção caracterizado pela eliminação dos desperdícios, pelo fluxo contínuo com que os processos produtivos fluem de um setor a outro, pela produção segundo a demanda do cliente, no tempo e na quantidade por este esperado. O sistema enxuto de produção disponibiliza uma relação de práticas que visam aperfeiçoar o tempo de agregação de valor, Lead Time (tempo ou prazo de entrega) e a atender ao Takt-Time (ritmo de produção necessário para atender a demanda), (WOMACK; JONES 1998).

2.2 Ferramentas do Lean Manufacturing

Segundo Ohno (1997), para que as perdas sejam sistematicamente eliminadas, até a obtenção do “Fluxo Contínuo”, a filosofia “Lean” conta com um arsenal de ferramentas. Não menos importantes, serão apresentadas e resumidas abaixo.

- Mecanismo da Função Produção (MFP): Observar o fluxo do objeto de trabalho (material) no tempo e no espaço e observar o fluxo do sujeito de trabalho (homens/ máquinas) no tempo e no espaço (GHINATO, 1996).
- Gestão da Qualidade Total (TQM): Filosofia gerencial que exige mudanças de atitudes e de comportamento. Essas mudanças visam ao comprometimento com o desempenho, à procura do autocontrole e ao aprimoramento dos processos, (OHNO, 1997).
- Cell Design (Layout Celular/Takt Time/Fluxo Conínuo): Planejamento do layout do setor produtivo em relação a três conceitos: tempo takt; fluxo contínuo e GBO (Gráfico de Balanceamento dos Operadores), (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).
- Gráfico de Balanceamento dos Operadores (GBO): Delimitação das tarefas que cada operador deve realizar em seu posto de trabalho, dividindo-as em operações que agregam valor e operações que não agregam valor ao produto (GOMES et al., 2008).

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados no decorrer da pesquisa, Fig. 1, baseando-se em um conjunto de procedimentos e técnicas para se coletar e analisar os dados.

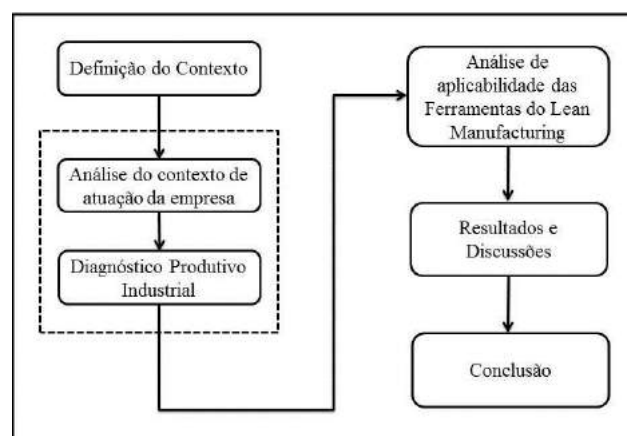


Figura 1 - Desenvolvimento da Pesquisa.

A primeira etapa faz-se cumprida por meio da revisão bibliográfica. A segunda etapa se fundamenta na escolha da empresa a qual se sucede o estudo de caso, seu contexto de atuação foi

consignado com visitas diárias por meio de entrevistas com os funcionários, acompanhamento e identificação dos processos produtivos para a fabricação de uma determinada máquina e sua família de produtos, desde o início ao término de sua produção.

Para a terceira etapa, “Diagnóstico Produtivo Industrial” o estudo se principia da aplicabilidade da ferramenta Lean - Mecanismo da Função Produção (MFP), seguido na escolha da máquina a ser mapeada e seus respectivos processos de fabricação.

O produto escolhido, “carro chefe”, para ser mapeado foi a plantadeira agrícola manual modelo simples, Fig. 2, produzida em média 80 unidades diárias. A importância do produto para organização caracteriza-se pelo fato de serem aproximadamente seis a sete mil unidades fabricadas anualmente, o que corresponde a 65% da produção total da empresa.



Figura 2 - Plantadeira Agrícola Manual.

Para a fabricação da máquina, a mesma conta com uma família de produtos (peças), equivalendo-se a um total de 14 modelos de peças que foram mapeadas independentemente dentro de seus processos normais de fabricação.

Considerando que o estudo foi realizado para esta determinada máquina, o mapeamento coube-se somente a ela, procurando registrar somente o que acontece com a mesma dentro da empresa. Assim na Fig. 3, pode ser visto o layout global dos setores nomeados A, B e C da empresa, necessários para a fabricação da plantadeira manual, as setas amarelas e verdes indicam o fluxo de material e matéria prima de um pavilhão a outro, as letras A, B e C em vermelho, indicam respectivamente aos pavilhões: marcenaria, pintura e montagem final.

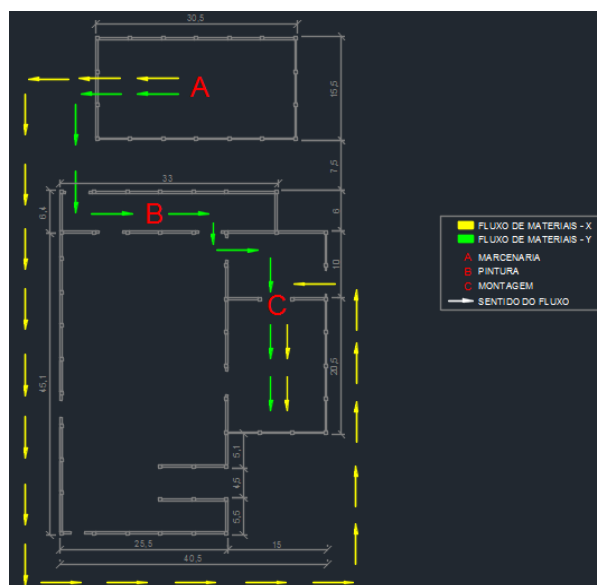


Figura 3 - Layout atual do Fluxo Produtivo.

Depois de realizado a cronoanálise nos setores (A, B e C), classificaram-se as atividades em processos e operações, definido que, operações cabem-se aos serviços que diretamente alteram na

forma original do produto, ou seja, atividades que agregavam valor para o cliente e produto; e processos, atividades que não agregam valor ao cliente, Fig. 4.

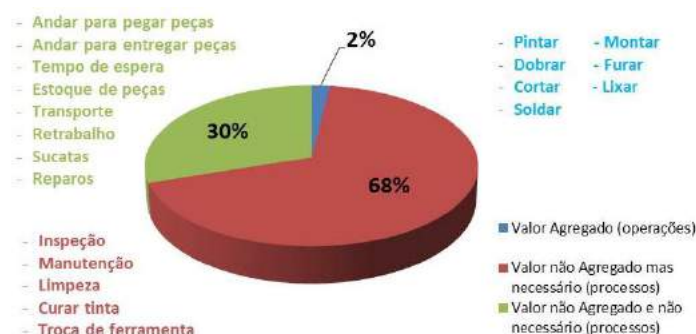


Figura 4 - Conceito de valor agregado para o cliente, avaliado através do mecanismo da função produção.

Assim, fica possível analisar o quanto inferior são as atividades descritas como “operações”, tal fato se justifica devido às restrições que foram encontradas em meio ao processo produtivo, o que define os altos intervalos de tempos entre as operações, gerando assim, um desequilíbrio e ruim relação Lead Time x Takt Time.

Feito o diagnóstico, a quarta etapa refere-se na “Análise de aplicabilidade das Ferramentas do Lean”, onde se vê uma proposta cabível de aplicações para tal organização. Através do Cell Design (Takt Time; Fluxo Contínuo e GBO), se cogita uma mudança no cenário produtivo, onde a empresa pode buscar por um melhor nivelamento dos processos, alinhando o “Tempo de Clico” (tempo necessário para a execução de uma peça ou mesmo tempo transcorrido entre a repetição do início ao fim da operação), com o “Takt Time”.

4 RESULTADOS

Agora, competem-se aplicar os três conceitos para autonomia, conhecimento do processo e reconhecimento, referentes ao Tempo Takt (TT), fluxo contínuo e o GBO.

Para o cálculo, o takt time é o resultado da divisão do tempo diário de operação pelo número de peças requeridas por dia. Então, através dessa relação, considerou-se para o tempo disponível 8 horas diurna, menos o tempo de intervalo programado de 20 minutos (pela parte da tarde), e a demanda do cliente no turno, ou seja, a produção diária das máquinas mapeadas, em média 80 unidades diárias, assim, tem-se um valor resultante de aproximadamente 5,75 minutos.

Primeiramente, o tempo de ciclo foi considerado como a “única” operação que levou mais tempo em casa setor, denominada assim como operação gargalo, a qual deve se basear para nivelar sua produção. A Fig. 5 representa a relação takt time e tempo de ciclo global de cada setor da empresa.

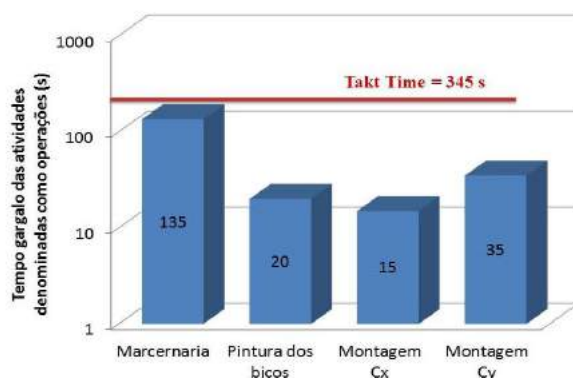


Figura 5 - Takt time e tempo de ciclo.

O valor resultante de um cálculo de takt time implica que se o tempo de ciclo for maior que o tempo takt, não é possível produzir conforme a demanda do cliente, ocorrendo atrasos no sistema produtivo. Em relação ao valor calculado de 345 segundos (5,75min), nos diz que a cada 5,75 minutos precisa-se produzir uma máquina para atender aos pedidos do cliente. Nesse caso, o tempo takt mostrou-se maior do que o tempo de ciclo para cada setor, ocasionando o excesso de produção.

Avaliando o gráfico, Fig. 5, em relação às funções operações de maior tempo em cada setor, afirma-se que existem desperdícios como excesso de produção, tal fato certifica-se pelas operações ilustradas no gráfico permanecerem abaixo da linha do takt time ou muito acima, sendo o ideal quando o tempo de ciclo e o takt time estejam com valores próximos.

Quando da análise individual de todas as atividades denominadas processos e operações executadas em cada setor (marcenaria, pintura e montagem), esse cenário se altera. Sendo assim, fez-se uma análise do GBO individual correspondente as atividades realizadas na produção da máquina internamente a cada setor, antes ilustradas no gráfico da Fig. 5.

Feito tal levantamento, para a correção dos GBO's dos setores de atuação da máquina, primeiramente pensou-se na alteração de layout, Fig. 6.

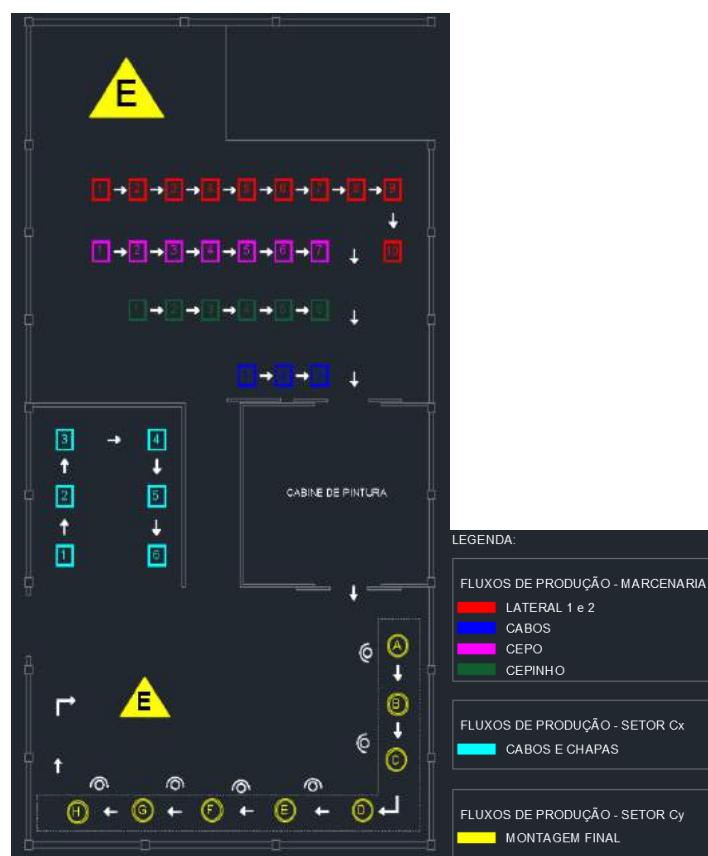


Figura 6 - Rearranjo, proposta de um novo layout.

Com o novo layout pretende-se reorganizar o processo na fabricação da máquina, idealizando o número de operadores e maquinários, distribuindo melhor as atividades.

Após a proposta de um novo layout, corrigiram-se os balanceamentos antes feitos através da metodologia do GBO. Assim, o gráfico da Fig. 7 mostra de forma comparativa o total das atividades antes e depois ao balanceamento, sendo possível observar uma melhor ocupação do tempo em relação ao tempo takt, procurando estabilizar a produção a um fluxo contínuo.

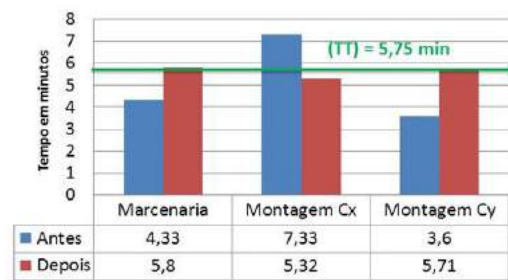


Figura 7 - GBO's em média para cada setor, antes e depois do balanceamento.

Verifica-se que, na prática, tanto o número de operadores como o de máquinas aumentariam, porém o estudo constatou que com um simples balanceamento de operadores a um mesmo valor de tempo takt, a produtividade aumentaria em média 10%. O gráfico mostra em média, esse comparativo de produtividade antes e depois do balanceamento.

5 CONCLUSÃO

Quando da aplicação do GBO futuro nos setores de atuação da máquina, torna possível a estabilidade do sistema, redução de tempo e modificação no layout produtivo, apesar disso, ainda é possível notar que existem ociosidades entre o tempo de ciclo e o tempo takt, se essa ociosidade for eliminada é possível tornar o fluxo dessas células ainda melhor.

Da pesquisa em questão, utilizando-se da combinação das ferramentas do cell design (takt time, fluxo contínuo) e GBO, no levantamento das diversas facetas do sistema produtivo, maximizando a compreensão do mesmo e consequentemente permitindo uma visão fundamentada do sistema como um todo, torna possível propor mudanças em sua filosofia de produção, procurando organiza-la de uma forma que a mesma atendesse aos processos de fabricação da máquina em um fluxo contínuo de produção.

Fica claro, portanto, que quando da aplicação do Lean Manufacturing, suas ferramentas propiciam substantivos ganhos reais de desempenho, performance e, principalmente ganhos financeiros para as organizações, além de levantar dados reais a respeito da atual situação em que a empresa opera, e definir situações futuras através de comparativos reais de desempenho.

6 REFERÊNCIAS

PASQUALINI, *et al.* **Gestão da Produção**. 2010.

OHNO, T. - **O Sistema Toyota de Produção**: Além da produção em larga escala. Porto Alegre, Bookman. 1997.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: Elimine o desperdício e crie riqueza. 4a Edição. Rio de Janeiro, 1998.

GHINATO, P. - **Sistema Toyota de Produção, mais do que simplesmente just-in-time**. Caxias do Sul. 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas S.A., 2008.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando o Fluxo Contínuo**: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002. 103p.

GOMES, J. E.; OLIVEIRA, J. L.; ELIAS, S. J.; BARRETO, A. F.; ARAGÃO, R. L. Balanceamento de linha de montagem na indústria automotiva – Um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2008. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. p. 1- 13

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais**
Área/Linha de Pesquisa: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico**ANÁLISE EXPERIMENTAL DE VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO EM**
EMPILHADEIRAS A GÁS**Aluno: JEAN CARLOS ROHR****Orientadora: Roberta F. Neumeister**

Engenharia Mecânica

INTRODUÇÃO

O presente trabalho realiza um estudo de medições dos níveis de exposição à vibração de corpo inteiro, de mão-braço, aplicados em operadores de empilhadeiras a gás em uma empresa de reciclagem, a fim de que se determine esses níveis e os compare com as normas ocupacionais, buscando as melhores condições de saúde para os operadores. As medições consistem na utilização de um arduino e um acelerômetro. Os níveis de exposição são captados pelo sensor acelerômetro ADXL335, os mesmos são armazenados em formato .doc em um cartão *sd* que está conectado junto ao arduino. Os dados coletados após as realizações dos testes são lidos no computador onde, com o auxílio do software Excel, converte-se esses níveis em valores de tensão e em aceleração para os três eixos x,y e z. Após a conversão dos mesmos consegue-se realizar os cálculos de aceleração e vibração de corpo inteiro. Os resultados obtidos foram comparados com as normas ocupacionais, analisando a vibração da empilhadeira de modelo C25 e C30, onde os resultados comprovaram que a empilhadeira de C25 apresenta maiores valores de *aren* que a empilhadeira de modelo C30, apresentando então um maior risco a saúde do operador para o primeiro modelo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho está estruturado com uma fundamentação teórica pertinente à realização e entendimento do trabalho, uma explanação da metodologia com aparato experimental, que utiliza um acelerômetro modelo ADXL335 ligado a um Arduino modelo UNO 10 bits, ambos equipamentos conectados a uma placa usinada. É apresentada uma explanação do modelo físico e procedimentos e uma discussão dos resultados obtidos.

O trabalho baseou-se na aplicação de ferramentas como um Arduino modelo UNO 10 bits, que é uma plataforma de desenvolvimento composta pelo Hardware e um IDE (ambiente de desenvolvimento integrado) aonde pode-se escrever código em linguagem C/C++ e o próprio IDE fará todo o processo de compilação e transferência do código do computador para o micro controlador Atmega, o que torna todo o processo de programação e prototipagem muito mais rápido TACIO, (2013). Um acelerômetro de 3 eixos ADXL 335, possui três saídas uma para cada eixo (x, y e z) que são ligadas ao Arduino, tem também uma saída terra (GND) e um VCC, o sensor tem limite de aceleração de mais ou menos 3 *g* e sua tensão de alimentação é de até 5 V. O acelerômetro utilizado é um sensor de baixo custo que mede indiretamente a aceleração através da força a que o sensor está sujeito em cada um dos três eixos. Se uma força atuar sobre um eixo do sensor, a aceleração é proporcional e de sentido inverso ao valor obtido. O acelerômetro é ligado a uma placa que é responsável pela ligação de todos os equipamentos e quatro pilhas de 4700 *mAh* são utilizadas como fonte de energia para alimentar o Arduino.

A leitura dos valores de aceleração foi feita em níveis, que foram convertidos em tensão para x , y e z e utilizando a relação de tensão

$$T = \left(\frac{Vmáx - Vmin}{1023} \right) \times Nl \quad (1.1)$$

onde T representa a tensões em x , y e z , $Vmáx$ e $Vmin$ representam a tensão máxima e a tensão mínima na alimentação, Nl representa os níveis de oscilações que foram lidos nos testes e o número de níveis totais representado pelo valor de 1023, que é o valor máximo do Arduino. Isso ocorre pois na entrada analógica do Arduino quando aplicada uma tensão de 5V, máxima permitida, a leitura será de 1023, já que a placa Arduino, possui um conversor analógico-digital de 6 canais. Isso significa que irá mapear tensões entre 0 e 5 volts para valores inteiros entre 0 e 1023.

Após os cálculos de tensão é determinada a aceleração em cada um dos eixos, utilizando a expressão

$$a = \left(\frac{Tc - MT}{0,3} \right) \times g \quad (1.2)$$

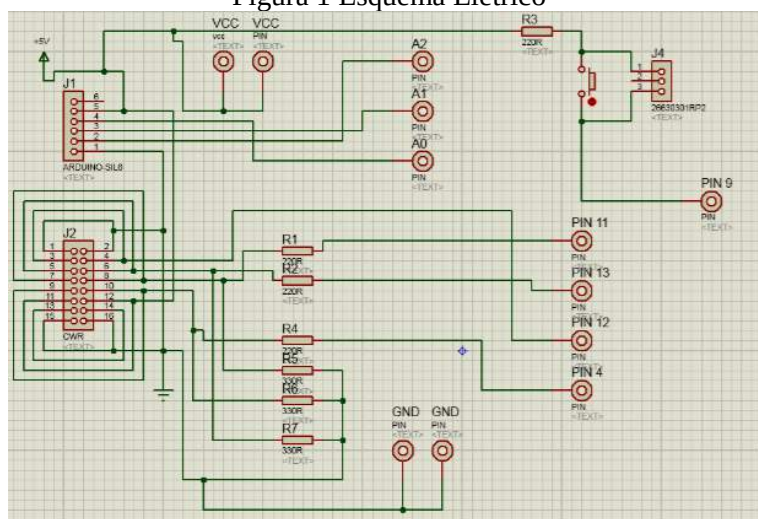
onde a representa a flutuação em cada um dos eixos, Tc é a tensão calculada, MT é a média de todas as tensões calculadas, 0,3 é a sensibilidade do sensor em V/g conforme a Datasheet e g representa a aceleração da gravidade.

Como a montagem do Arduino na protoboard apresenta resistência baixa, e permite desencaixe dos jumpers, foi decidido usar uma placa, utilizando usinagem química para demarcar as ligações dos pontos e deixar o sistema mais transparente e de simples compreensão. Além de ser a forma mais simples de ser acoplada ao carrinho de controle remoto e à empilhadeira.

Para montagem do esquema elétrico foi utilizado o software Proteus 8 no Laboratório de Engenharia Elétrica da URI-Erechim. Após a montagem do sistema, foi impresso o esquema elétrico e fixado na placa, então foi realizado um ataque químico sob a placa para que pudessem surgir as componentes na mesma.

O esquema elétrico montado consiste em ligar a placa de aquisição arduino, o acelerômetro que será responsável por captar os níveis de oscilações, um adaptador de cartão micro sd responsável por armazenar os dados coletados, uma fonte externa, 3 resistores de 220 ohms e 3 resistores de 330 ohms. A placa é alimentada por 4 pilhas de 4700 mAh, outro fio é ligado na entrada GND que é o fio terra e outro no VCC, outros 3 fios são ligados para definir as direções. O primeiro é ligado em A0 e representa o eixo x , o segundo é ligado em A1 e representa o eixo y e o terceiro fio é ligado em A2 e representa o eixo z . A representação do esquema elétrico pode ser vista na Figura 1.

Figura 1 Esquema Elétrico



Fonte: O Autor (2018).

O acelerômetro foi fixado na parte central-traseira do banco da empilhadeira utilizando cera de abelha derretida, para que não prejudicasse ou provocasse algum tipo de defeito no equipamento. O acelerômetro deve ser fixado diretamente à superfície vibrante. A Figura 2 mostra a instalação do acelerômetro no banco da empilhadeira.

Figura 2 Fixação do Acelerômetro ao banco das empilhadeiras



Fonte: O Autor (2018)

Ainda para que a placa e o Arduino fiquem seguros durante os testes na empilhadeira foi feito um suporte em formato de caixa onde a mesma deixará os equipamentos livres de sujeira, umidade e de algum tipo de colisão. Ainda dentro da caixa tiras de borracha foram presas no interior da mesma para amortecer ainda mais o impacto sobre o equipamento.

O trabalho tem como objetivo principal realizar testes de exposição à vibração em empilhadeiras do modelo Clark C25 e C30. Ambas máquinas tem a mesma função dentro da empresa, sendo utilizadas para carga e descarga de caminhões durante uma jornada de trabalho de 8 horas e 48 minutos por dia durante 5 dias na semana. A principal diferença entre um modelo e o outro é a sua capacidade de carga onde o modelo C25 tem capacidade de carga de 2500 kg e o modelo C30 para 3000 kg, porém no dia-a-dia esses valores de carga não são excedidos. Durante um dia normal de trabalho são transportados fardos de aproximadamente 800 kg e begs com material reciclável de aproximadamente 100 kg.

Na etapa de testes foi utilizado carro de controle remoto, e o esquema de montagem pode ser visto na Figura 3.8 a fim de testar se os equipamentos estavam funcionando, ou seja, se os dados estavam

sendo gravados no cartão sd e de que forma eles estavam sendo gravados. Após o término desse teste os equipamentos foram realocados até as empilhadeiras, Figura 3, onde pode-se ter início o objetivo principal do trabalho, que foi determinar o nível de exposição à vibração que os operadores estão sendo submetidos.

Figura 3 Empilhadeiras



Fonte: O Autor (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes foram realizados por diferentes operadores, pois na empresa não há operador fixo, as vezes uma máquina fica parada e outra sendo utilizada como há vezes que as duas são utilizadas durante toda jornada de trabalho de 8h e 48 minutos, porém é muito raro apenas um operador utilizar a máquina o tempo todo. Para as empilhadeiras de modelos C25 e C30 foram realizados cerca de 5 testes cada uma, porém como diversas vezes era apresentado problemas de alimentação ou armazenamento dos dados, que por sua vez corrompiam devido aos desprendimentos dos fios ou falta de energia no equipamento, optou-se por pegar os testes onde ocorreram dias atípicos, onde se tinha um número considerável de vezes em que a empilhadeira foi utilizada para carga/descarga de caminhões.

O tempo de análise no teste da empilhadeira C25 foi de 8 horas e 35, minutos onde foram coletados 30.083 dados. O acelerômetro foi conectado com a empilhadeira já trabalhando, sem ficar muito tempo ociosa. Nesse dia foram descarregados 3 caminhões, 2 caminhões descarregaram bags e um caminhão descarregou fardos. Nas 3 primeiras horas do dia descarregou-se os caminhões com bags e os mesmos eram levados até seu respectivo local na empresa. Por volta da quarta hora do dia que foi ao final da manhã e início da tarde descarregou-se o caminhão com fardos de papel e plástico, o operador transportava os fardos até próximo da prensa enfardadeira para que os funcionários pudessem enfardar o material. Durante o resto do dia a empilhadeira foi utilizada para pegar bags de plástico nas pilhas de material e levar até a prensa para que os trabalhadores pudessem enfardar o material. O teste foi encerrado perto do fim do expediente com a empilhadeira também em movimento.

Já na empilhadeira de modelo C30 durou cerca de 8 horas e 54 minutos. Foram coletados 30.778 dados, onde o acelerômetro foi colocado pela parte da manhã, nesse dia carregou-se na primeira meia hora da manhã um caminhão com fardos de papelão, foram carregados cerca de 17 fardos que pesam aproximadamente 860 quilos cada um. Os fardos eram retirados do ambiente com piso liso, transportados até a frente da empresa onde há pavimentação. Após esse caminhão ser carregado, foi colocado uma camionete a frente da empresa para que no decorrer do dia fossem carregados bags com materiais prontos até que a camionete ficasse lotada. Durante maior parte do dia a empilhadeira

ficou ociosa, nas últimas 3 horas de expediente carregou-se a camionete com os bags e um caminhão de caçamba rolon com 94 bags. O acelerômetro foi desligado com a empilhadeira em funcionamento também.

Para os dois testes nas empilhadeiras os maiores valores foram nos eixos y e z. Os valores no eixo y ocorreram devido ao operador estar com o corpo encostado ao banco, fazendo com que as costas do operador colidam com a superfície do banco a uma determinada força, que está relacionada a velocidade e peso carregado pela empilhadeira, resultando em um valor de y maior, para o caso da empilhadeira C25 que apresentou valores y maiores que a C30 é correto afirmar que apresenta um desconforto maior ao operador ao deslocar-se com a empilhadeira. Para o caso do eixo z que apresenta os maiores valores para os dois testes, é entendido que devido as empilhadeiras apresentarem oscilações altas, fazem com que quando movimentadas deslizem o corpo do operador do assento, fazendo com que ele tenda a se levantar do banco durante o percurso. Então quando utilizadas para carga e descarga tem-se uma velocidade maior da máquina consequentemente ela irá vibrar mais por causa da velocidade imposta juntamente com o peso de fardos ou bags, acarretando em um valor elevado para o eixo z

CONCLUSÕES

Para os dois testes nas empilhadeiras os maiores valores foram nos eixos y e z. Os valores no eixo y ocorreram devido ao operador estar com o corpo encostado ao banco, fazendo com que as costas do operador colidam com a superfície do banco a uma determinada força, que está relacionada a velocidade e peso carregado pela empilhadeira, resultando em um valor de y maior, para o caso da empilhadeira C25 que apresentou valores y maiores que a C30 é correto afirmar que apresenta um desconforto maior ao operador ao deslocar-se com a empilhadeira. Para o caso do eixo z que apresenta os maiores valores para os dois testes, é entendido que devido as empilhadeiras apresentarem oscilações altas, fazem com que quando movimentadas deslizem o corpo do operador do assento, fazendo com que ele tenda a se levantar do banco durante o percurso. Então quando utilizadas para carga e descarga tem-se uma velocidade maior da máquina consequentemente ela irá vibrar mais por causa da velocidade imposta juntamente com o peso de fardos ou bags, acarretando em um valor elevado para o eixo z.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, J.; SZNELWAR, L. I.; SILVINO, A.; SARMET, M.; PINHO, D. **Introdução à ergonomia: da Prática à Teoria**. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. 240 p.

Arduino Modelo Uno Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/arduino-original/arduino-uno-r3-base-acrilica-oficial-cabo-usb-original-2457.html>>. Acesso em 10 de novembro de 2017

INGLÊS. **Exposição dos trabalhadores as vibrações**. Arsenal do Alfeite, Almada, Portugal 2004.

MANSFIELD, J.N. (2005). **Human response to vibration**. Taylor e Francis e-Library).

RICHTER. **Efeitos Avaliação do nível de exposição a vibração em operadores de tratores: Um estudo de caso para vibrações de corpo inteiro e sistema mão-braço**. Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2012



GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais
Área/Linha de Pesquisa: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico
ANÁLISE DE PROBLEMAS ESTRUTURAIS ELÁSTICOS BIDIMENSIONAIS
COM CONCENTRADORES DE TENSÃO SIMULADOS COM O PROGRAMA
ANSYS



Aluno: JONATHAN POCLITOR ZANIN
Orientador: PROF. DR. TANCREDO WESTPHAL JUNIOR

INTRODUÇÃO

Segundo Timoshenko, nos diversos componentes e peças, as regiões mais prováveis de falha são aquelas que contém secções com variação de geometria, essa variação faz com que a distribuição de tensões fiquem perturbadas, assim surgem os pontos de concentração de tensão. Nestes pontos as tensões nominais são geralmente bem maiores que a tensão nominal, obtida através de equações habituais, como a força sobre área.

O objetivo do presente trabalho é determinar os pontos de concentração de tensão e a tensão máxima de determinadas peças e componentes através do Método dos Elementos Finitos, utilizando o programa Ansys e validar resultados com os obtidos analiticamente através das equações da teoria da elasticidade. Os resultados obtidos serão usados posteriormente quando for iniciada a análise de problemas com concentração de tensões com os elementos CST e Q4 na plataforma MSBFEA.

MATERIAL E MÉTODOS

As simulações foram realizadas através do software de elementos finitos ANSYS versão v 15.0.7, com o pacote Workbench que possui uma gama de configurações específicas que facilitam a análise de peças com geometrias complexas. Posteriormente, por meio das equações da teoria da elasticidade, foram obtidos os valores de tensão média e com o auxílio dos gráficos que fornecem o fator de concentração de tensão, foi encontrado o valor da tensão máxima através da multiplicação entre a tensão média e o fator de concentração de tensão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Projeto 1: Placa com furo sob tração

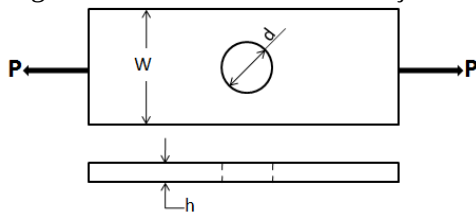
Dados:

- $P = 20000 \text{ N}$
- $w = 0,05 \text{ m}$
- $d = 0,02 \text{ m}$
- $h = 0,01 \text{ m}$

A ilustração do problema simulado pode ser visto na Fig.1

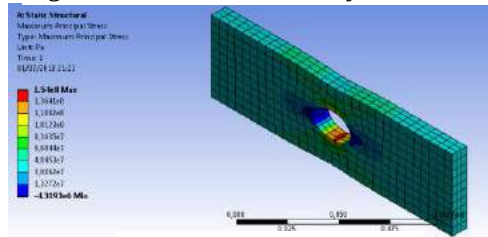
Na Fig.2 é mostrado o resultado da simulação realizada no programa Ansys utilizando uma malha de 0,005 m.

Figura 1 - Placa com furo sob tração



Fonte: O AUTOR.

Figura 2 - Resultado do Projeto 1



Fonte: O AUTOR.

Projeto 2: Placa com furo sob flexão

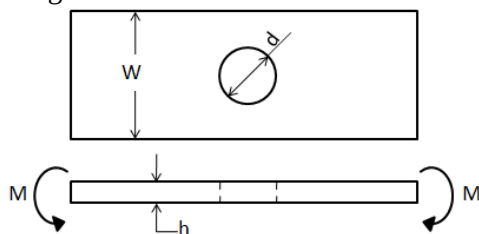
Dados:

- $M = 50 \text{ N.m}$
- $w = 0,05 \text{ m}$
- $d = 0,01 \text{ m}$
- $h = 0,01 \text{ m}$

A ilustração do problema simulado pode ser visto na Fig.3

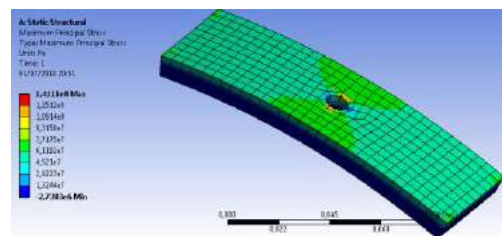
Na Fig.4 é mostrado o resultado da simulação realizada no programa Ansys utilizando uma malha de 0,005 m.

Figura 3 - Placa com furo sob flexão



Fonte: O AUTOR.

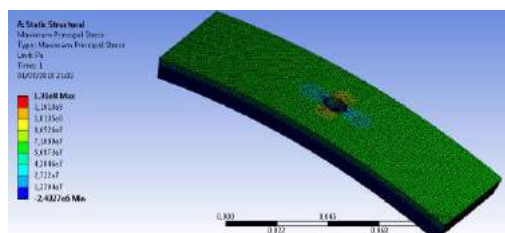
Figura 4 - Resultado do Projeto 2



Fonte: O AUTOR.

Devido a grande diferença foi realizada uma nova simulação com uma malha de 0,001 m. O resultado é mostrado na Fig 5.

Figura 5 - Resultado do Projeto 2 após refinamento da malha



Fonte: O AUTOR.

Projeto 3: Placa com entalhes sob tração

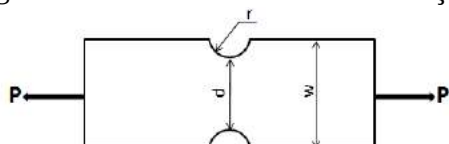
Dados:

- $P = 20000 \text{ N}$
- $r = 0,008 \text{ m}$
- $w = 0,048 \text{ m}$
- $d = 0,032 \text{ m}$
- $h = 0,01 \text{ m}$

A ilustração do problema simulado pode ser visto na Fig.6.

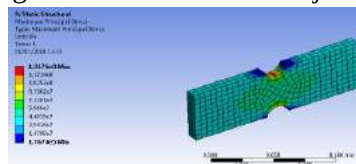
Na Fig.7 é mostrado o resultado da simulação realizada no programa *Ansys* utilizando uma malha de 0,005 m.

Figura 6 - Placa com entalhes sob tração



Fonte: O AUTOR.

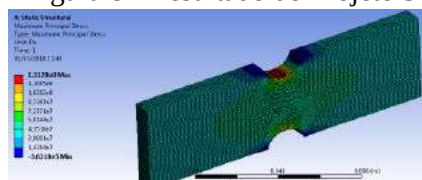
Figura 7 - Resultado do Projeto 3



Fonte: O AUTOR.

Foi realizada outra simulação utilizando uma malha de 0,001 m afim de convergir o resultado para a solução analítica, porém, houve pouca variação no resultado, como é mostrado na Fig 8.

Figura 8 - Resultado do Projeto 3



Fonte: O AUTOR.

Projeto 4: Placa com entalhes sob flexão

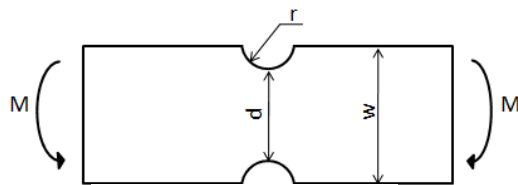
Dados:

- $M = 200 \text{ N.m}$
- $w = 0,048 \text{ m}$
- $d = 0,032 \text{ m}$
- $r = 0,008 \text{ m}$
- $h = 0,01 \text{ m}$

A ilustração do problema simulado pode ser visto na Fig.9.

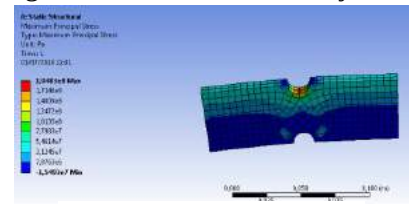
Na Fig.10 é mostrado o resultado da simulação realizada no programa *Ansys* utilizando uma malha de 0,005 m.

Figura 9 - Placa com entalhes sob flexão



Fonte: O AUTOR.

Figura 10 - Resultado do Projeto 4



Fonte: O AUTOR.

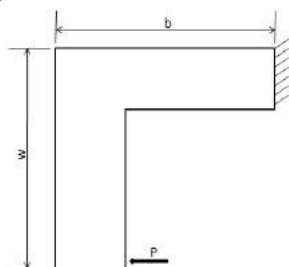
Projeto 5: Placa com canto vivo sob tração

- $h = 0,001 \text{ m}$
- $w = 0,7 \text{ m}$
- $b = 0,7 \text{ m}$
- $P = 100 \text{ N}$

A ilustração do problema simulado pode ser visto na Fig.11.

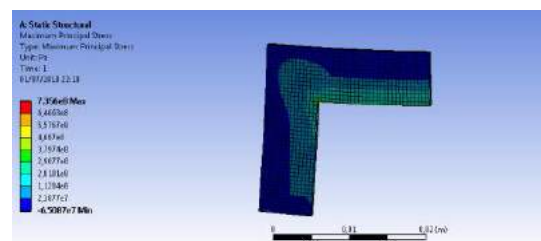
Na Fig.12 é mostrado o resultado da simulação realizada no programa Ansys utilizando uma malha de $0,005 \text{ m}$.

Figura 11 - Resultado do Projeto 5



Fonte: O AUTOR.

Figura 12 - Resultado do Projeto 3



Fonte: O AUTOR.

Nos exemplos 1, 2, 3 e 4 foi possível realizar uma comparação entre o método numérico (Ansys) e o método analítico, com o uso das equações da teoria da elasticidade e dos gráficos que fornecem os fatores de concentração de tensão. No exemplo 2, após o refinamento da malha houve uma melhora significativa no resultado quando comparado com a solução analítica, isso mostra a importância de se utilizar uma malha com mais elementos em determinados tipos de problemas.

Como esperado, as concentrações de tensão ocorreram em regiões de variações bruscas de geometria, como pode ser evidenciado nas imagens retiradas do programa Ansys.

Devido a serem problemas relativamente simples, foi utilizada a malha padrão gerada pelo programa, sem refinamentos, o que pode explicar grandes as variações entre o método numérico e o analítico em alguns casos, sendo a maior variação de 19,6% e a menor de 2,16%. Em todos os casos, o método numérico apresentou valores mais altos que o método analítico para a tensão máxima.

O exemplo 5 foi desenvolvido com o intuito de auxiliar em outros trabalhos em andamento, nos quais o objetivo era realizar uma análise da concentração de tensão através da programação do sistema MSBFEA no programa Maple.

A comparação entre os resultados encontrados através das simulações realizadas com o programa ANSYS e os resultados obtidos de forma analítica, pode ser vista na Tab. 1.

Tab. 1 - Resultados

Simulação	Resultado numérico (MPa)	Resultado Analítico (MPa)	Diferença (%)
Projeto 1	154	150,67	2,16
Projeto 2	141,11	113,4	19,6
Projeto 2 com refinamento de malha	131	113,4	13,4
Projeto 3	131,76	118,75	9,87
Projeto 4	194,83	181,629	6,77

Fonte: O AUTOR.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no desenvolvimento deste trabalho reafirmam que não se pode levar em consideração apenas os valores de tensão obtidos analiticamente através das equações básicas da teoria da elasticidade, pois em alguns casos nota-se que a tensão máxima pode ser até quase o triplo da tensão média.

A utilização do programa Ansys é uma boa alternativa para a determinação das tensões máximas em peças e componentes mecânicos, principalmente se for realizado um refinamento da malha, pois assim, temos a possibilidade de um resultado muito mais próximo do valor real. Outra vantagem da plataforma é poder identificar os pontos onde irão ocorrer os picos de tensão, o que é muito útil quando se forem analisadas peças ou componentes muito complexos com vários pontos de concentração de tensão, identificando assim as regiões passíveis de falha.

Com isso, percebemos a importância de se realizar esse tipo de análise, uma vez que essas informações são de suma importância na realização de um projeto. De posse dessas informações, o projetista pode realizar alterações de projeto a fim de amenizar os problemas de concentração de tensão e para isso, o programa Ansys se mostra uma ótima alternativa, desde que o projetista seja criterioso na criação da malha, tendo assim ótimos resultados.

REFERÊNCIAS

TIMOSHENKO, S.P. e GOODIER, J.N. **Teoria da elasticidade**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais**
Área/Linha de Pesquisa: Engenharia Térmica e de Escoamentos**ESTUDO NUMÉRICO DO ESCOAMENTO BIFÁSICO GÁS - LÍQUIDO NO
PADRÃO INTERMITENTE EM LINHAS VERTICAIS ATRAVÉS DE
SIMULAÇÕES EM CFD****Aluno: Laura Echer Soares****Orientador: Dr. Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza.****INTRODUÇÃO**

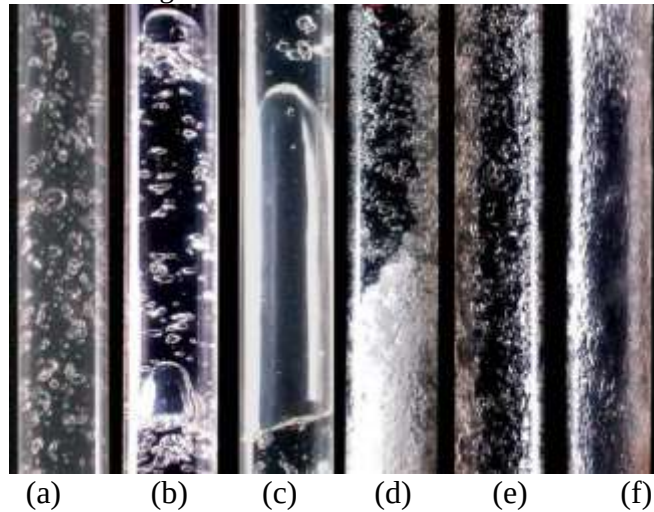
A afirmação do petróleo na sociedade moderna, como fonte de energia, deu-se no ano de 1859. Até então, de acordo com Thomas (2001) o petróleo era retirado de exsudações naturais encontradas em todos os continentes.

No século XX, os anos 60 e 70 foram marcados respectivamente pelo excesso de produção, alto consumo e pela elevação do preço, já nos anos 80 e 90 graças à tecnologia um novo ciclo iniciou-se fazendo com que o custo de exploração caísse consideravelmente. No Brasil, com a criação da Petrobras em 1953, inúmeros poços de petróleo foram descobertos ao longo dos estados brasileiros, desde a época de sua criação. A produção de petróleo de 750 m³/dia passou a ser de 182.000 m³/dia nos anos 90, graças aos avanços tecnológicos contínuos de perfuração e produção na plataforma continental (THOMAS, 2001). Com isso o petróleo foi se impondo como fonte de energia, e hoje além de combustível passou a ser imprescindível às facilidades e comodidades da vida moderna. Nesse patamar mundial de produção de petróleo o Brasil tem uma produção de 702.629.071 barris até outubro de 2018 conforme os dados obtidos pela APN (agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis).

Após o entendimento da importância do petróleo é importante entender os padrões de escoamento que se desenvolvem nos dutos que elevam o óleo e o gás até as plataformas. Segundo Shoham (2005) os padrões desses escoamentos referem-se às distribuições da fase líquida e gasosa quando escoam na tubulação e as configurações geométricas das fases. Assim as configurações do escoamento se diferem pela distribuição espacial das interfaces, resultando em diferentes características do escoamento. A Figura 1 apresenta os principais padrões de um escoamento bifásico água e ar que são conhecidos como: (a) bolhas (*blubbly*), (b) capa-esférica (*spherical cap*), (c) golfadas (*slug*), (d) golfadas instáveis (*unstable slug*), (e) semi-anular (*semi-annular*) e (f) anular (*annular*), respectivamente.

O padrão bolhas possui um escoamento em que suas bolhas são dispersas ou mono-dispersas, uniformes e sem interação entre elas. Mantida a vazão de água e com um aumento de vazão de ar as bolhas coalescem e formam bolhas maiores na forma de uma capa esférica, remetendo ao nome desse tipo de padrão. Com o aumento de ar elas se juntam formando bolhas alongadas (também chamada de bolhas de Taylor) ocupando quase que toda a seção do duto, que são antepostas por pistões de líquido com bolhas dispersas, sendo esse o padrão conhecido como golfadas ou intermitente. Com um novo aumento da vazão de ar surge o padrão semi-anular sendo uma transição entre o padrão golfadas e o padrão anular. Neste último padrão o tubo é praticamente preenchido com ar restando apenas um fino filme de água na parede do duto.

Figura 1- Padrões de Escoamento.



Fonte: ROSA (2011).

Taitel *et al.* (1980) destacaram apenas a importância de quatro padrões de escoamento principais: bolhas, golfadas, agitado (*churn-flow*) e anular. Já Hewitt e Jayant (1993) discutiram uma subdivisão para o regime agitado em agitado-golfadas e agitado-anular. Logo após Costigan e Whalley (1997) por meio de estudos experimentais classificaram o então escoamento padrão agitado-golfadas para golfadas instáveis. Existem três padrões básicos que todos os autores concordam da existência para o escoamento gás-líquido que são os padrões: disperso, estratificado e intermitente. O padrão intermitente será o foco desse trabalho por se tratar do padrão mais recorrente durante a produção de petróleo. Assim os objetivos desse trabalho é obter por meio de simulações em CFD o padrão de escoamento intermitente gás-líquido em um duto vertical, estudar os modelos propostos no quais o escoamento seja unidimensional e o seguimento das bolhas e dos pistões de líquido levem em consideração um escoamento intermitente e a interação entre eles, e principalmente correlacionar os resultados obtidos de líquidos com diferentes densidades para o mesmo caso, com a finalidade de identificar o que melhor atua para obter o escoamento do tipo intermitente.

METODOLOGIA

As simulações em CFD vêm se estabelecendo como poderosas ferramentas de análise de processos, produtos e materiais. No campo da dinâmica dos fluídos tem seu espaço cada vez mais consolidado pela grande facilidade que proporciona permitindo variar as condições de geometria, condições de contorno e parâmetros envolvidos, sem precisar da elaboração de modelos e maquetes experimentais, inclusive pela possibilidade de simulações de condições extremamente difíceis de reproduzir e até que poderiam envolver riscos (GARRIDO FILHO, 2018).

Com isso simulações numéricas realizadas neste trabalho foram feitas utilizando o software Ansys, onde fornece os pacotes de CFD (*Computacional Fluid Dynamics*), CFX e Fluent. O pacote utilizado para as simulações neste trabalho foi o CFX que trata de um código genérico de CFD, baseado na técnica de volumes finitos (PATANKAR, 1980).

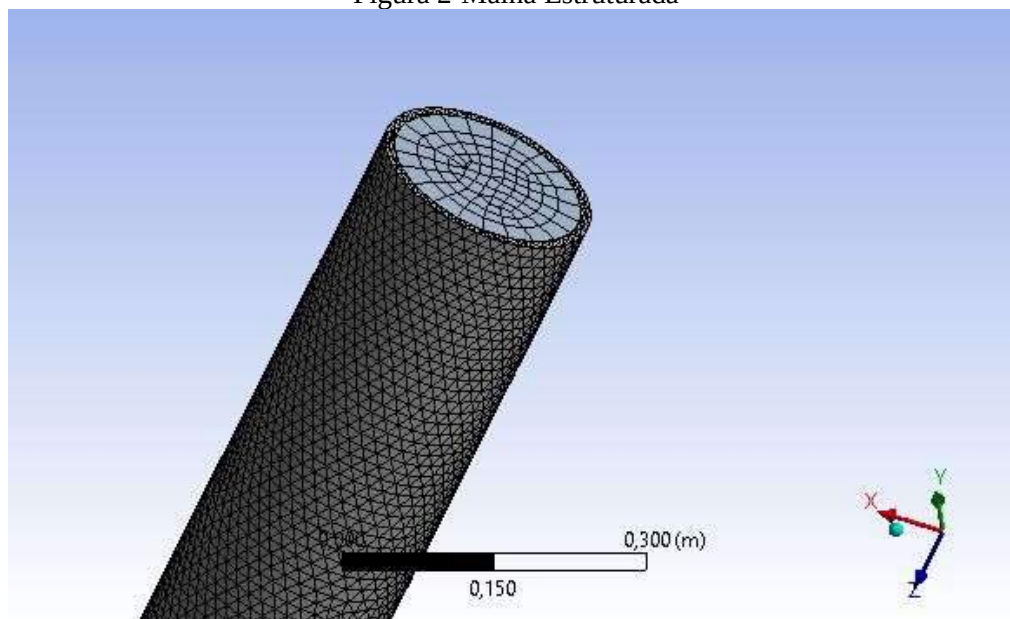
Modelagem da coluna

O duto possui 3 m de comprimento, e uma seção circular interna de 0,2 m de diâmetro, esses valores utilizados foram baseados nas geometrias de diferentes trabalhos computacionais que utilizaram os mesmos princípios de simulação, como, o trabalho produzido por Buson (2013) e por Silve *et al.* (2018), conforme a Figura 2. Ele também conta com uma pequena espessura de parede de 2 mm para se ater aos casos experimentais, e aos dutos transportadores reais. Mas se salienta que

para as simulações sua espessura não influencia, pois as paredes foram consideradas adiabáticas, e sem nenhuma influência externa.

A malha utilizada tem sua geometria formada por 134581 volumes, com a maioria de seus volumes tetraédricos, e se utilizando de um refinamento de 1 (máximo disponível no *Meshing* é 3). A malha foi estruturada e configurada no *Meshing* do *Workbench* do próprio *Ansys*, que trata de um programa que se assemelha ao ICEM, mas de menor dificuldade e complexidade. O critério de escolha desse programa foi o mesmo utilizado para o desenho da geometria, que se trata da “facilidade” da geometria por não haver trocas de calor e não ser um regime complexo.

Figura 2-Malha Estruturada



Fonte: AUTOR

Condições de Contorno

O problema desse estudo é de um escoamento multifásico de duas fases, uma sendo dispersa e outra sendo continua. E as duas fases são tratadas como incompressíveis, e todo o escoamento é tratado como laminar. São considerados esses fatores pelo fato de que as bibliografias estudadas, como a de Buson (2013) e Chaves *et al.* (2014) externam que o regime apresenta baixa variação de pressão e baixo número de Reynolds, por isso as condições apresentadas anteriormente podem ser utilizadas. Sem contar que o escoamento é transiente para todos os casos. Foram utilizados nas simulações fluidos dois na fase líquida (água e óleo) e um fluido na fase gás (ar), com isso tem-se simulações em que foram utilizadas somente água e ar e outras com óleo e ar.

Para se simular um escoamento bifásico temos que acrescentar uma tensão superficial para ar/água de $0,072 \text{ [N/m]}$ e uma tensão para o ar /óleo sendo de $0,07 \text{ [N/m]}$. As condições de contorno foram aplicadas na entrada, na saída e na parede da malha. Sendo assim foram criadas 3 regiões de fronteira, ou como é apresentado no CFX-Pre três Boundarys, a entrada (inlet), a saída (outlet) e a parede (wall), sem deixar de mencionar a aplicação das condições em toda a Default Domain, ou seja, todo o domínio. É apresentado dois tipos de condições de contorno para o mesmo problema. Sendo assim, foram realizadas duas simulações para cada par de fluidos utilizados, as duas com o regime transiente, e uma duração de 10 segundos. O *Drag Coefficient* foi usado 0,44, valor no primeiro caso disponível automaticamente no CFX-Pre e para o *Grace* foi usado 3, valor esse atribuído com base na ajuda disponível no *Ansys*, para o segundo caso, juntamente com a presença de um modelo flutuante no segundo caso também. As partículas de ar atuaram como fluidos dispersos possuindo diâmetros de 1,5 m para o primeiro caso e 0,1 m para o segundo caso. Foram

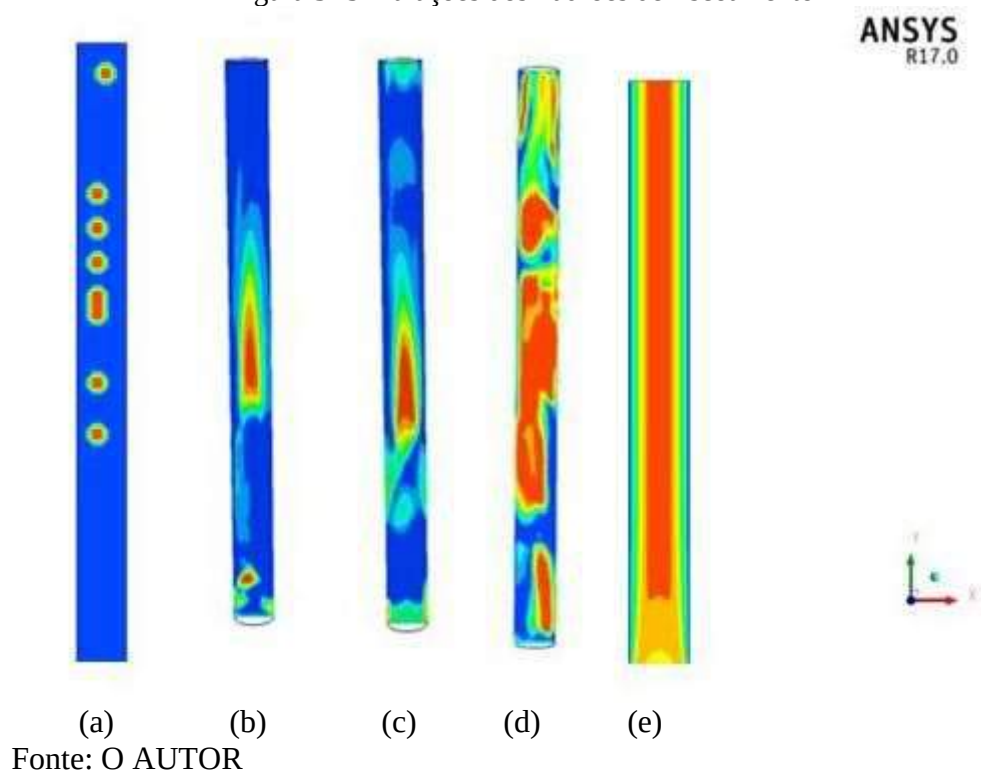
também produzidas outras simulações com velocidades variantes para chegar aos diferentes padrões de escoamentos apresentados na Figura 1.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

É observado que cada escoamento tem sua característica específica, o escoamento em bolhas não possui nenhuma coalescência entre as bolhas as tornando dispersas sem a mínima intenção de união. Mas a capa esférica é muito similar ao escoamento em golfadas por ambos possuírem bolhas alongadas, diferenciando apenas em seu formato que é menos alongado que no padrão golfadas. A Figura 3 (c) é caracterizado como escoamento em golfadas como se pode ver, podendo ficar exatamente na região de transição de golfadas e agitado, ou seja, pode ser caracterizado como fluxo agitado ou o próprio padrão em golfadas. Com essas observações pode se dizer que quando produzido com água por ter uma massa específica mais alta que o óleo a tendência é que conforme a velocidade aumenta para o gás é aumentada a coalescência de suas moléculas, mesmo fato dado as bolhas ou pistões de ar, com isso o escoamento cada vez mais agitado tem a tendência de não se misturar formando assim um filme de líquido menor e um pistão de ar cada vez maior, formando o escoamento anular que é observado na Figura 3 (e).

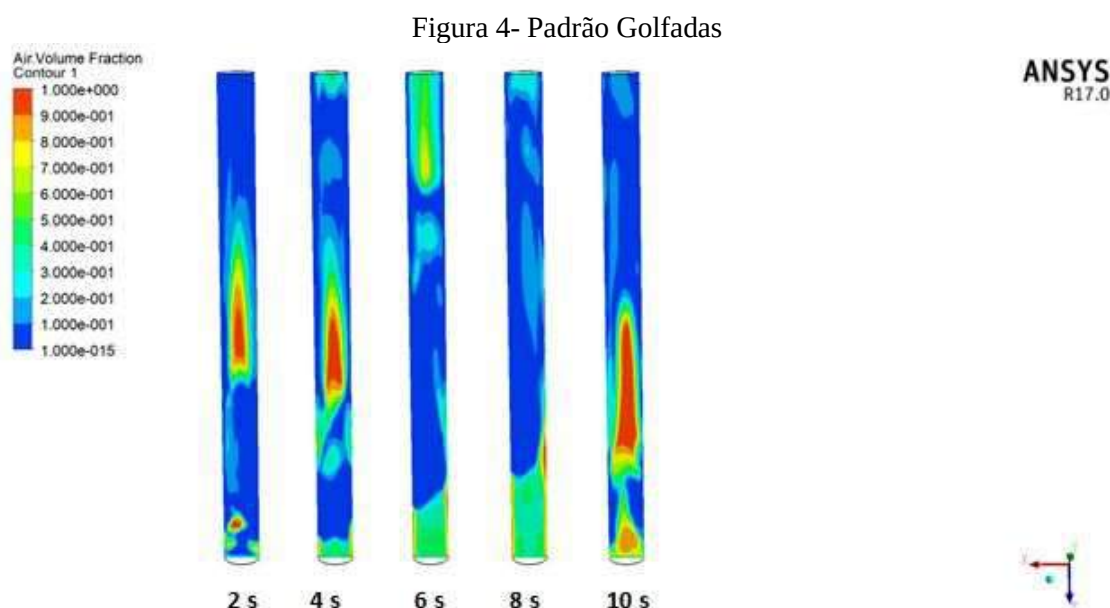
Ainda na Figura 3, (d) observa-se alguns bolsões de ar grandes e alguns pequenos, a parte com cores quentes corresponde a quantidade de ar nesse espaço, os maiores são dados pelo aumento da vazão gerando a coalescência dos pistões de ar e assim ocorrendo uma transição de escoamentos, que é conhecido como o padrão agitado ou fluxo agitante. Se o comprimento do duto fosse alguns metros maior poderia estabilizar o escoamento, que no caso se aumentada a vazão e velocidade se tornaria totalmente anular e se mantida a mesma poderia estabilizar para um escoamento em golfadas.

Figura 3- Simulações dos Padrões de Escoamento



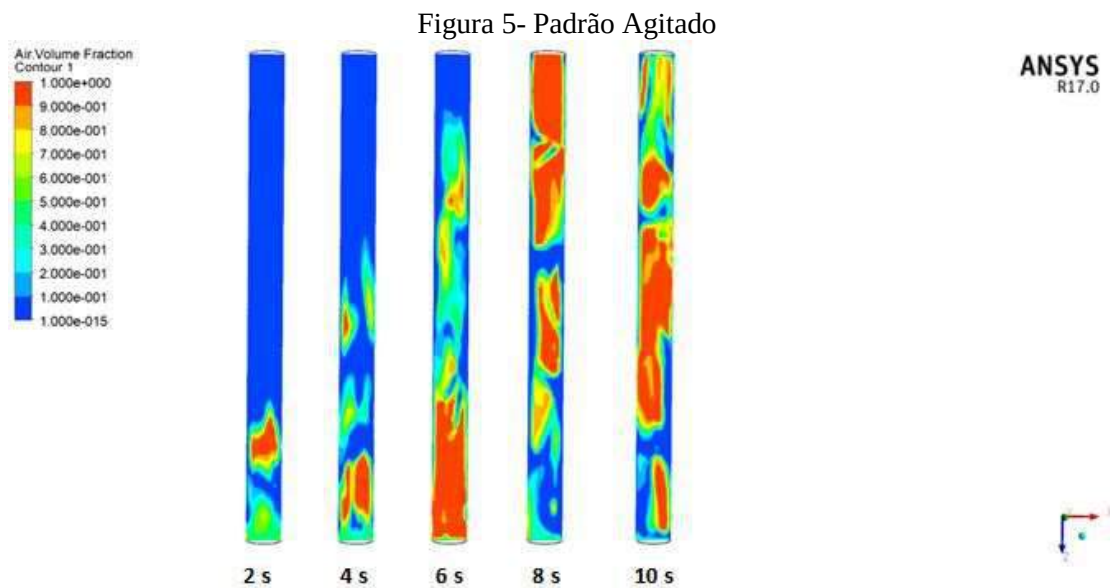
Como o foco do trabalho é o escoamento intermitente vale analisar o escoamento em golfadas e o agitado ao longo do tempo, sendo assim a Figura 4 caracteriza um escoamento no padrão golfadas

com duas bolhas alongadas no tempo de 10 segundos. Na parte em amarelo e em verde é caracterizado o desprendimento de bolhas de gases do pistão de gás maior, pelo fato do filme de líquido contido nas paredes arrastá-las para fora do pistão, sendo assim elas acabam coalescendo e gerando uma nova bolha um pouco maior que a primeira. Na ultima parte da figura no tempo de 10 segundos pode-se notar também o começo da formação de um novo pistão de gás essa mais próximo que a anterior. Observa-se ainda que no tempo de 2 segundos o início de uma capa esférica é formado, com isso sabemos que a partir de um escoamento de capas esféricas podemos ter um escoamento em golfadas.



Fonte: O AUTOR

O que é observado na Figura 5 é que o escoamento não possui uma caracterização comum ao que é encontrado na literatura e ao que foi encontrado para o mesmo caso, mas utilizando óleo apresentado na Figura 4. Nos primeiros momentos pode se notar que a presença de bolhas dispersas, mas nada que caracterize o escoamento em golfadas, sendo que com o passar do tempo a coalescência dessas bolhas se torna mais frenética e caótica podendo então assumir essa imagem como sendo a de um fluxo agitado, onde os pistões de ar e de líquido não possuem um padrão correto e nenhuma estabilidade é encontrada.



Fonte: O AUTOR

CONCLUSÕES

Este trabalho procurou, por meio de uma abordagem numérica computacional, verificar como se comportam as variáveis e também características de um escoamento bifásico líquido e gás no padrão intermitente.

Não deixando de caracterizar o mapa de padrões de escoamentos com simulações que permitiam a visualização de cada um deles, sem a necessidade de aparatos experimentais para o mesmo, fazendo com que o entendimento desses padrões fosse aprofundado.

Com base em tudo apresentado, pode se dizer que os resultados foram satisfatórios quanto às carências discutidas, mas apesar disso os escoamentos foram bem concebidos quando ao que se tem informação nas literaturas. O surgimento do padrão agitado de escoamento durante as simulações se tornou importante a ponto de conhecer um novo tipo de escoamento que não se tem muita informação sobre e que pode ser facilmente confundido com o escoamento em golfadas, sendo assim esse trabalho serviu para fins comparativos de escoamentos usuais e não usuais que são apresentados nos dutos de plataformas de petróleo.

REFERÊNCIAS

BUSON, D. F. **Escoamento óleo-gás em equipamento submarino: influência da fração volumétrica de gás na separação de fases no módulo de bombeio**. Tese (Mestrado). Universidade do Espírito Santo, Faculdade de Engenharia Mecânica. Vitória, ES. 2013.

CHAVES, C. A.; DE JESUS, H. P.; CAMARGO, R. J.; ARRUDA FILHO, E.; ENARI, H. E. **Simulação de um escoamento laminar em um tubo com redução com o uso da dinâmica dos fluidos computacional**. Universidade de Taubaté- SP, 2014.

COSTIGAN G.; WHALLEY, P. B. “*Slug flow regime identification from dynamic void fraction measurements in vertical air-water flows*”. International Journal of Multiphase Flow, 1997. Vol. 23, No 2.

GARRIDO FILHO, A. M. **Estudo de escoamentos bifásicos gás-líquido em dutos verticais e inclinados através de simulação computacional**. Instituto de Engenharia Nuclear. Rio de Janeiro, 2018.

HEWITT, G. F. JAYANTI, S. “*To churn or not to churn. International Journal of Multiphase Flow*”, 1993. v. 19, No 3.

PATANKAR, S.V. “*Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*”. Philadelphia: Taylor & Francis, 1980.

SHOHAM, O. “*Mechanistic modeling of gas-liquid two-phase flow in pipes*”, Society of Petroleum Engineers, Richardson. 2005, TX, 396p

TAITEL, Y. BARNEA, D. E DUCKLER, A. E. “*Modelling flow pattern transitions for steady upward gas-liquid flow in vertical tubes*”, AIChE Journal, 1980. Vol. 26, No 3.

THOMAS, J. E. “**Fundamentos de Engenharia de Petróleo**”. 2ª Ed, Editora Interciência. Rio de Janeiro, RJ. 2001.

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais**
Área/Linha de Pesquisa: Engenharia Térmica e de Escoamentos

ANÁLISE DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM UM DIGESTOR DE VÍSCERAS UTILIZANDO CFD E MODELO DE CONDENSAÇÃO

Luís Fernando Dejan; Cristiano Vitorino da Silva

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 em um digestor de vísceras de 5000 litros. A análise é feita em vista de melhorar a eficiência energética dos digestores, pois são equipamentos que consomem uma grande quantidade de vapor para o cozimento das vísceras de animais. Além de ter como objetivo reduzir o consumo de vapor também é necessário reduzir o tempo da batelada, ou seja, o tempo que o digestor leva para transformar as vísceras em farinha e óleo, visando o aumento de lucro das fábricas. 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-Stokes). O modelo $k-\omega$ é aplicado para modelar a turbulência no escoamento. O modelo de condensação por gotículas é utilizado para simular a condensação do vapor dentro do equipamento. Admite-se também a técnica de volumes finitos e utiliza-se o software de CFD Ansys CFX como plataforma de simulação. Após os resultados das simulações é possível avaliar as regiões onde se encontram as maiores temperaturas e maiores taxas de transferência de calor, bem como indicativos para se propor uma reconfiguração da geometria para o eixo do digestor, como o aumento do seu diâmetro, melhorando a troca térmica com o produto, o que reduziria o tempo da batelada e melhoraria a eficiência do digestor de vísceras, e também uma nova forma de injeção de vapor e sua extração como possibilidades de melhoramento do direcionamento do escoamento na camisa.*

Palavras Chave: *Digestor de vísceras, Vapor, Condensação, CFX.*

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é utilizando-se o software comercial CFX ANSYS v. 15.0, realizar uma avaliação térmica em CFD (*Computational Fluid Dynamics*) na camisa e no eixo de um digestor de vísceras para as condições reais de funcionamento do equipamento levando em consideração a condensação e evaporação do vapor d' água. Os digestores de vísceras são os equipamentos responsáveis pelo cozimento do subproduto dos frigoríficos, transformando-os em farinha e óleo e, por este motivo, são de suma importância para o processo, sendo muitas vezes o gargalo da produção. Estes equipamentos cozinham o produto através do aquecimento por vapor saturado oriundo de caldeiras de vapor, sendo que em grandes unidades este consumo de vapor pelos digestores é muito elevado, aumentando muito os custos para a produção de farinha e óleo. Por esses motivos, visando um melhor aproveitamento energético, estudos para reduzir os tempos de cozimento e tentar reduzir o consumo de vapor pelos digestores de vísceras é fundamental para as graxarias.

A condensação ocorre quando a temperatura de um vapor é reduzida a valores inferiores ao de sua temperatura de saturação. Em equipamentos industriais, o processo resulta usualmente do contato entre o vapor e uma superfície fria. A energia latente do vapor é liberada, calor é transferido para a superfície e o condensado é formado. Outros modos comuns são a condensação homogênea, na qual o vapor condensa em gotículas que permanecem suspensas em uma fase gasosa, formando uma

névoa, e a condensação por contato direto que ocorre quando o vapor é colocado em contato com um líquido frio. (INCROPERA et al. 2008). O modelo de nucleação homogênea, no qual o vapor condensa em gotículas, será utilizado para as simulações no ANSYS CFX.

METODOLOGIA

A implementação do modelo e as simulações foram realizadas no Laboratório de Simulação Numérica (LABSIM) da URI – Câmpus de Erechim, através do software de volumes finitos A CFX ANSYS v. 15.0. Para a realização deste estudo foram fornecidas informações de projeto e de dados de entrada pela empresa fabricante do equipamento. Com as dimensões reais do digestor foi possível implementar a geometria e malha utilizando o software ICEM CFD. Inicialmente, as superfícies analisadas foram: camisa de vapor, superfície interna e externa do casco, tubo de inserção de vapor e o eixo central (por onde parte do vapor escoia). Considera-se condição de axi-simetria no equipamento. A discretização do digestor foi realizada com a implementação de volumes tetraédricos no interior do domínio fluido e prismáticos sobre superfícies sólidas deste domínio. O tipo de malha utilizado inicialmente foi o *Octree*, modelo que representa uma estrutura de dados em árvore, no qual cada nó interno tem exatamente oito nós vizinhos, os quais recursivamente subdividem-se em oito octantes. Desta forma, depois da geração no modelo *Octree*, prevendo uma melhora na qualificação e aprimoramento da malha, utilizou-se o modelo de malha *Delaunay*. Nas Figuras 1 e 2 pode se observar a malha gerada para as simulações.

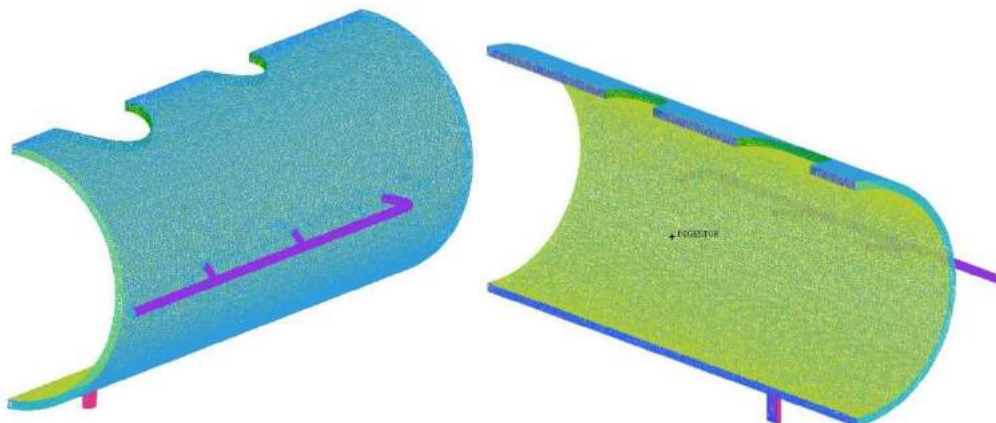


Figura 1 – Malha camisa do digestor

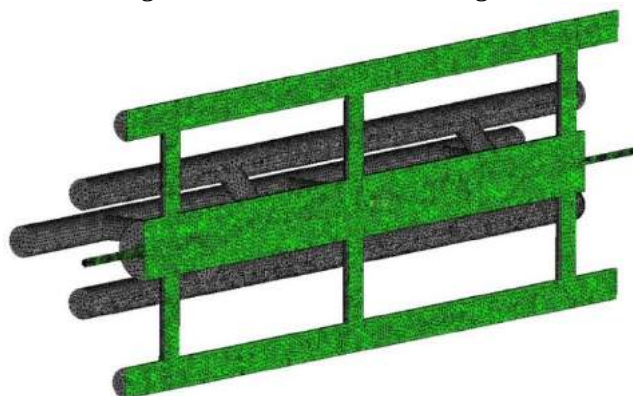


Figura 2 – Malha eixo do digestor

Como o digestor é um equipamento que trabalha com duas fases, vapor d' água e água condensada, se fez necessário à modelagem em escoamento multifásico, levando em conta considerações como não reativo, não isotérmico e turbulento, onde, a partir das equações de conservação de massa, quantidade de movimento e energia, além do modelo de turbulência e de condensação, tem-se a representação dos principais fenômenos envolvidos no processo. Aqui, as equações de conservação fazem uso das chamadas médias de Reynolds (RANS - *Reynolds Average Navier-Stokes*) (FREIRE

et al. 2002), na qual, considerando-se escoamento bifásico em regime estacionário e incompressível.

Adota-se neste trabalho o modelo de condensação por gotículas (*Droplets*), modelagem útil para situações em que um escoamento seco de duas fases sofre uma rápida redução da pressão levando à nucleação e subsequente condensação de gotículas. Este modelo também é utilizado para a modelagem de condensação adicional quando gotículas já estão presentes em quantidades significativas. A fase de gotículas pode estar presente no escoamento já na região de entrada no domínio ou aparecer por meio de vários mecanismos de nucleação, incluindo a fase homogênea (volumétrica) e a heterogênea (superfície).

O modelo de condensação por gotículas difere do modelo de mudança de fase térmica, pois neste, o diâmetro da gotícula é calculado como parte do modelo ao invés de uma condição de contorno a ser utilizada, o que ocasiona uma melhora da precisão. Com isto, a equação de transporte para o número de gotículas também deve ser resolvida, possuindo como termo fonte para suas contribuições à nucleação. Este modelo difere do modelo de equilíbrio na medida em que não assume o fluxo para chegar instantaneamente em condições de equilíbrio e, portanto, implicitamente inclui perdas devido à irreversibilidade termodinâmica. O sistema de equações envolve a fase contínua e qualquer número de fases dispersas (condensados). As fases condensadas viajam a velocidade da fase contínua. Quaisquer combinações de fases condensadas podem existir sob a solução, de modo que para a fase contínua, a conservação da massa é dada por:

$$\frac{\partial \rho_c r_c}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho_c u_i r_c) = \sum_{i=1}^{nd} (S_d + m^* r_c J_d),$$

onde ρ_c é a massa específica da fase contínua em [kg/m³] e r_c é o raio da fase contínua em [m], $i=j=1,2$ e 3 representam as direções. As fontes de massa são somadas ao longo das fases condensadas, nd . Estas fases podem mudar o tamanho de condensação ou evaporação (ANSYS, 2009). Para uma fase condensada, d , a conservação de massa é obtida por:

$$\frac{\partial \rho_d r_d}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho_d u_i r_d) = (S_d + m^* r_c J_d),$$

onde ρ_d é a massa específica da fase dispersa em [kg/m³] e r_d é o raio da fase dispersa em [m], e cada fase dispersa tem um número correspondente de equação da seguinte forma (ANSYS, 2009):

$$\frac{\partial \rho_d N_d}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho_d u_i r_d) = \rho_d r_c J_d,$$

onde N_d é o número de gotículas geradas em [s/m³]; m^* é a massa de gotículas nucleadas em [kg] com base no raio crítico r^* em [m]. Nota-se que as gotículas são transportadas com a velocidade de mistura, uma vez que nenhum deslizamento é assumido entre as fases. A restrição normal aplica-se para o volume de frações, por meio de:

$$r_c + \sum_{i=1}^{nd} r_d = 1$$

A conservação da quantidade de movimento para o escoamento do fluido é obtida já em RANS por meio de (ANSYS, 2009):

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho U_i U_j) = -\frac{\partial p^*}{\partial x_j} \delta_{ij} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu_{eff} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} \right) + \frac{\partial U}{\partial x_j \partial x_i} + S_U,$$

onde U_i é a velocidade média ponderada pela massa em [m/s] em i , p^* é a pressão modificada em [Pa] definida por $p^* = \bar{p} - \left(\frac{2}{3} \right) \rho k$; δ_{ij} é a função delta de Kronecker [adimensional] (quanto $i=j$, $\delta_{ij} = 1$), μ_{eff} é a viscosidade efetiva em [N.s/m²], definida como a soma da viscosidade dinâmica com a viscosidade turbulenta, ambas em [N.s/m²]. Ainda, tem-se U como a velocidade média ponderada

pela massa [m/s] e S_U é o termo fonte em [kg/m³.s], inserido para modelar o empuxo, a força de arrasto gerada pelo transporte de partículas, e outros termos matemáticos gerados pelos modelos de turbulência. A aproximação de Boussinesq foi empregado para representar a força de empuxo provocada pelas variações de densidade e o modelo $k-\omega$ foi aplicado para descrever a turbulência no escoamento (WILCOX, 1988). Este modelo oferece, como uma de suas vantagens, o tratamento do escoamento próximo às paredes para baixos números de Reynolds, tornando-se assim, mais robusto e preciso do que outros modelos (ANSYS, 2009). As equações para energia cinética turbulenta, k , e sua frequência turbulenta, ω [1/s], podem ser obtidas por meio de (WILCOX, 1988), como segue,

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho U_j k) = \left(\frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + P_k - \beta' \rho k \omega$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho U_j \omega) = \left(\frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\omega} \right) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) + \alpha \frac{\omega}{k} P_k - \beta \rho \omega^2$$

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 o vetor velocidade na direção j 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):

$$P_k = \mu_t \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial U_i}{\partial x_j}$$

onde U_i é o vetor velocidade em [m/s] na direção i .

As equações da continuidade e do impulso global também são resolvidas como descrito nas equações homogêneas de hidrodinâmica. A equação da energia da fase contínua, em função da entalpia total, é dada por (ANSYS, 2009):

$$\frac{\partial \rho_c r_c h_c}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho_c u_i r_c h_c) = (-r_c) \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\Gamma_i r_c \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) + S_H$$

onde h_c é a entalpia específica da fase contínua em [kJ/kg], P é a pressão em [Pa] e uma equação de transporte de energia semelhante pode ser aplicada para as fases dispersas, ou no contexto de pequenas ou grandes gotas e S_H é o termo fonte em [W/m³]. De acordo com Ansys (2009), para pequenas gotículas (menores do que 1 μ m) o modelo de transferência de calor é o apropriado, o qual define a temperatura das gotículas por:

$$T_d = T_s(P) - T_{sc} \frac{R_d^*}{R_d}$$

onde T_s refere-se à temperatura de saturação em [K], T_{sc} refere-se a temperatura de super-refrigeração na fase gasosa em [K], R_d é o raio da gota em [m] e R_d^* é o raio crítico na formação da fase dispersa em [m]. No caso de pequenas gotículas, os modelos de transferência de calor e massa, em interface, também são modificados para incluir a influência do número de Knudsen (Kn) e de Nusselt (N_u). A dependência Kn , é necessária uma vez que os tamanhos das gotículas variam significativamente a partir do raio nucleado inicial (em um regime não-contínuo), o número de Knudsen é um número adimensional, definido como a razão entre o comprimento do caminho livre médio molecular e uma escala de comprimento fisicamente representativa. Desta forma, a taxa de crescimento das gotículas é dada por:

$$\frac{dR_d}{dt} = \frac{k_c}{R_d \rho_d (1 + c Kn)} \left(\frac{T_d - T_g}{h_g - h_p} \right)$$

onde h_g é a entalpia específica do vapor super-arrefecido em [kJ/kg], h_p é a entalpia específica das gotículas em [kJ/kg].

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após as simulações com o modelo de condensação é possível visualizar a fração em volume de líquido formado em partes da geometria, como mostra a Figura 3.

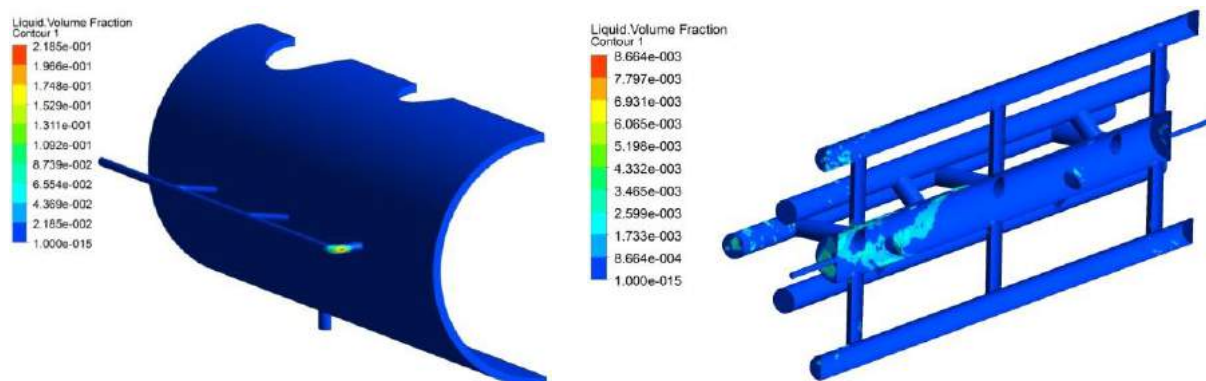


Figura 3 – Fração de volume líquido na camisa e no eixo

A Figura 4 exibe o campo de temperaturas em torno da camisa do digestor. A mais baixa temperatura encontrada é de 329,7 K (ou 56°C, que é a temperatura aproximada por fora do isolamento do corpo do digestor) e a mais alta temperatura é de 433,2 K (ou 160°C, que é a temperatura de entrada do vapor no digestor). Também é possível verificar que a temperatura interna varia entre 98°C e 120°C, o que acontece realmente na operação do digestor, sendo comprovado por termômetros instalados na máquina, indicando a consistência física da solução. Pode-se verificar que a distribuição não é homogênea sobre a superfície indicando que o escoamento no interior do equipamento afeta significativamente as taxas de transferência de calor, interferindo na eficiência de cozimento.

É possível constatar ainda que a forma de injeção do vapor na camisa, mesmo com três pontos de cada lado, não gera um escoamento adequado para o problema. Da mesma forma, uma única região de saída se mostra também ineficiente. Pode-se recomendar aqui as técnicas de aumento de transferência de calor apresentadas em Incropera *et al.* (2008), onde um escoamento em espiral aumenta o coeficiente de convecção no fluido da camisa, o que poderia ser buscado para melhorar o desempenho do equipamento. Para isto, modificações nas formas e quantidades de pontos de injeção e extração do vapor na camisa poderiam ser testadas, bem como a colocação de canais internos para direcionar o escoamento.

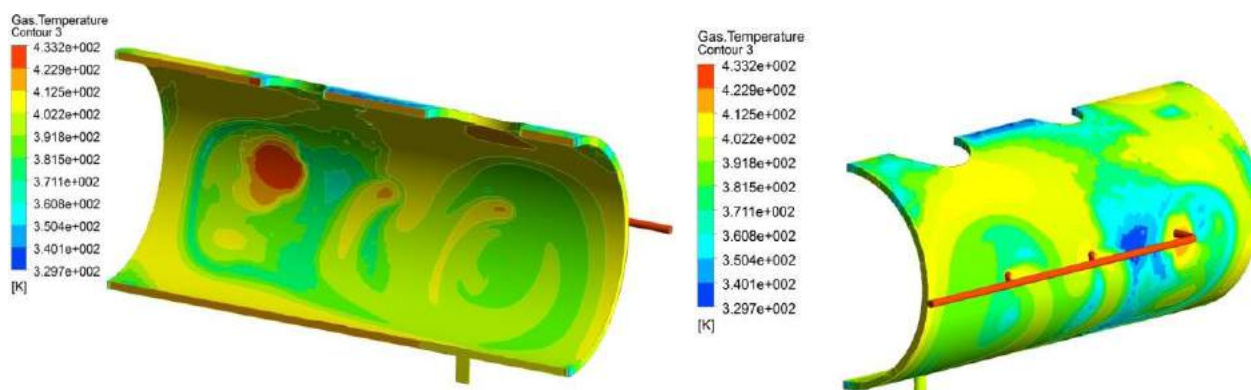


Figura 4 – Temperatura total do vapor na camisa do digestor

CONCLUSÕES

Através das simulações computacionais realizadas pelo software CFX ANSYS® v. 15.0 sobre a geometria em escala real de um digestor de vísceras, foi possível obter uma avaliação qualitativa do problema. Também com a implementação do modelo de condensação foi possível ter uma ideia mais aproximada da realidade e ainda com uma taxa de convergência razoável nas simulações, com resíduos RMS abaixo de 1×10^{-4} , para a maioria das variáveis. Nesta etapa do estudo, o enfoque principal concentrou-se em implementar o modelo de condensação e readequar as condições de contorno, a fim de se obter uma simulação mais realística com a física do problema.

Após as análises dos resultados, podem-se verificar as regiões onde se encontram as maiores temperaturas e taxas de transferência de calor, com a possibilidade de propor novas formas construtivas para o eixo e camisa do digestor, tais como uma nova forma de injeção de vapor e sua extração, com possibilidades de melhoramento do direcionamento do escoamento na camisa, buscando melhorar a distribuição energética no equipamento, possivelmente reduzindo os gastos com o vapor e diminuindo o tempo da batelada.

Outro resultado obtido com o trabalho foi a determinação dos principais pontos de condensação, pois com a condensação excessiva diminui-se o rendimento do equipamento.

REFERÊNCIAS

ANSYS Inc. User's guide - **CFX Solver Theory**, 2009.

CENTENARO, L. C.; SILVA, C. V. Análise em CFD da transferência de calor na camisa de um digestor de vísceras, **Perspectiva**, Vol. 42, nº 158, p. 7-20, Erechim, Junho de 2018.

INCROPERA, F.; WITT, D.; BERGMAN, T.; LAVINE, A. **Fundamentos da Transferência de Calor e Massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

FERROLI, P. C. M.; FIOD NETO, M.; CASAROTTO, N.; CASTRO, J. E. **Fábrica de subprodutos de origem animal: a importância do balanceamento das cargas dos digestores de vísceras**, 2002.

FOX, R.W., McDONALD, A.T., PRITCHARD, P.J. **Introdução a Mecânica dos Fluidos**, Sexta Edição, LTC editora, 2001.

FREIRE, A. P. S.; MENUT P. P. M.; SU, J.. **Turbulência**. Vol. 1, Rio de Janeiro: ABCM, 2002.

MALISKA, C.R. JR. **Geração De Malhas Para Domínios 2,5 Dimensionais Usando Triangulação De Delaunay Restrita**. Universidade Federal De Santa Catarina, Curso De Pós-Graduação Em Engenharia Mecânica, Florianópolis, fevereiro de 2001.

MALISKA, C. R. **Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional**. 2ª edição. Florianópolis: LTC, 2004.

PATANKAR, Suhas. **Numerical Heat Transfer and Fluid Flow**. CRC Press, 1980.

WILCOX, D. C. Reassessment of the scale-determining equation for advanced turbulence models. **AIAA Journal**, v. 26, p. 1299-1310, 1988.

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais****Área/Linha de Pesquisa: Engenharia térmica e de escoamentos****ESTUDO ANALÍTICO E EXPERIMENTAL DE UM TROCADOR DE CALOR
CASCO E TUBOS OPERANDO EM ESCOAMENTO CRUZADO****Aluno: Maicon André Paska****Orientador: Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza****INTRODUÇÃO**

O processo de troca de calor entre dois fluidos que estão a diferentes temperaturas e se encontram separados por uma parede sólida ocorre em muitas aplicações de engenharia. O equipamento usado para implementar essa troca é conhecido por trocador de calor, e suas aplicações específicas podem ser encontradas no aquecimento de ambientes e no condicionamento de ar, na produção de potência, na recuperação de calor em processos e no processamento químico (Incropera et al., 2008).

Este estudo é baseado em um trocador de calor casco e tubos real, o qual se encontra disponível no laboratório de engenharia mecânica da URI campus de Erechim. De início foi realizado um estudo experimental, mensurando as variáveis necessárias para que posteriormente pudessem ser verificadas pelos cálculos executados analiticamente, com o objetivo de comparar os resultados e identificar o desempenho do equipamento.

O presente estudo apresenta uma avaliação dos principais parâmetros em uma determinada troca térmica em um trocador de calor do tipo casco e tubos operando em escoamento cruzado, verificando o desempenho do equipamento, analisando as condições de temperaturas e vazões de operação, obtendo resultados analíticos e experimentais para a taxa de transferência de calor e efetividade do equipamento, onde os resultados analíticos e experimentais foram avaliados e comparados. Apresenta-se um estudo analítico e experimental, utilizando os métodos da média logarítmica das diferenças de temperaturas - MLDT e o método da efetividade - ε -NUT, o procedimento experimental foi realizado no laboratório de engenharia mecânica da universidade. Foram executados dois testes e comparados analiticamente, sendo que os resultados da transferência de calor obtidos durante o primeiro teste apresentaram variações de 28% para o método ΔT_{ml} e 44% pelo método da ε -NUT, variação esta, ocasionada por um vazamento de fluido frio para o fluxo de fluido quente. Após o conserto dos vazamentos, foi executado o segundo teste, tendo como variação da taxa de transferência de calor de 20% pelo método ε -NUT e 16% pelo método ΔT_{ml} , valores aceitáveis, devido ao equipamento não estar em escala industrial e por não contemplar as perdas de calor nos cabeçotes.

MÉTODOS ANALÍTICOS**O uso da média logarítmica das diferenças de temperaturas – MLDT**

Tanto para o projeto quanto para a análise de desempenho de um trocador de calor é necessário relacionar a taxa total de transferência de calor a grandezas tais como: as temperaturas de entrada e saída dos fluidos, o coeficiente global de transferência de calor e a área superficial total disponível para a transferência de calor.

A forma de ΔT_m pode ser determinada pela aplicação de um balanço de energia em elementos diferenciais quente e frio. Onde se levam as hipóteses simplificadoras, o trocador de calor encontra-se isolado termicamente da vizinhança, situação na qual a única troca de calor ocorre entre os fluidos quente e frio, a condução axial ao longo dos tubos é desprezível, as mudanças nas energias cinética e

potencial são desprezíveis, os calores específicos dos fluidos são constantes e o coeficiente global de transferência de calor é constante. Aplicando um balanço de energia em cada um dos elementos diferenciais dq , da Figura 2, conseqüentemente conclui-se que a diferença das temperaturas média apropriada é uma média logarítmica das diferenças de temperatura ΔT_m a qual é representada na Eq. (1) (Incropera et al., 2008).

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (1)$$

A forma específica de ΔT_m deve ser estabelecida conforme o tipo de escoamento contido no trocador de calor em análise, como pode ser observado a seguir.

As distribuições de temperaturas nos fluidos quente e frio associadas a um trocador de calor com escoamento contracorrente estão mostradas na Figura 1. Ao contrário do trocador de calor com escoamento paralelo, essa configuração proporciona a transferência de calor entre as parcelas mais quentes dos dois fluidos em uma extremidade, assim como entre as parcelas de fluido frio na outra extremidade. Por esse motivo, a variação da diferença de temperaturas em relação ao x não é em posição alguma tão elevada como na região de entrada de um trocador de calor com escoamento paralelo. Agora a temperatura de saída do fluido frio pode ser maior que a temperatura de saída do fluido quente (Incropera et al., 2008).

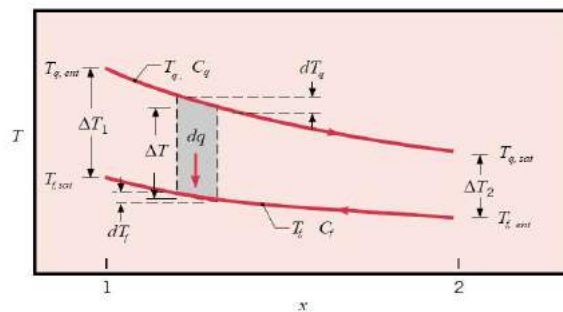


Figura 1. Distribuição de temperaturas em um escoamento contracorrente.

Para o caso de escoamento contracorrente:

$$\begin{cases} \Delta T_1 = T_{q,1} - T_{f,1} = T_{q,ent} - T_{f,sai} \\ \Delta T_2 = T_{q,2} - T_{f,2} = T_{q,sai} - T_{f,ent} \end{cases}$$

O método ϵ - NUT

O uso do método da média logarítmica das diferenças das temperaturas (MLDT) é de fácil aplicação nos trocadores de calor quando as temperaturas dos fluidos na entrada são conhecidas e as temperaturas de saída ou são especificadas ou podem ser determinadas pelas equações de balanço de energia. Entretanto, se apenas as temperaturas de entrada são conhecidas, o método MLDT exige um processo iterativo trabalhoso. Conseqüentemente, é preferível utilizar um procedimento alternativo, conhecido como método da efetividade – NUT (ou método ϵ -NUT).

Para definir a efetividade de um trocador de calor, é necessário primeiramente determinar a taxa de transferência de calor máxima possível, q_{max} , em um trocador. Essa taxa de transferência podia ser alcançada no caso de um trocador de calor em contracorrente, com comprimento infinito. Em tal trocador de calor, um dos fluidos iria apresentar a máxima diferença de temperaturas possível, $T_{q,ent} - T_{f,ent}$. Sendo assim, a taxa de capacidade calorífica $C_f < C_q$, e como o comprimento $L \rightarrow \infty$, o fluido

frio iria experimentar a maior variação de temperatura, sendo aquecido até a temperatura de entrada do fluido quente ($T_{f,sai} = T_{q,ent}$). Desta forma,

$$C_f < C_q: \quad q_{max} = C_f(T_{q,ent} - T_{f,ent}) \quad (2)$$

Analogamente, se $C_q < C_f$, o fluido quente iria experimentar a maior variação de temperatura e seria resfriado até a temperatura de entrada do fluido frio ($T_{q,sai} = T_{f,ent}$), assim:

$$C_q < C_f: \quad q_{max} = C_q(T_{q,ent} - T_{f,ent}) \quad (3)$$

Com base nos resultados anteriores, é obtida a expressão geral:

$$q_{max} = C_{min}(T_{q,ent} - T_{f,ent}) \quad (4)$$

onde q_{max} é a taxa de capacidade calorífica em [W], C_{min} é a mínima capacidade calorífica dos fluidos envolvidos, entre C_q e C_f .

Com isso, a efetividade ε é definida como a razão entre a taxa de transferência de calor real em um trocador de calor e a taxa de transferência de calor máxima possível:

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{max}} \quad (5)$$

Por definição a efetividade, que é adimensional, está no intervalo entre 0 e 1.

O número de unidades de transferência (NUT) é um parâmetro adimensional amplamente utilizado na análise de trocadores de calor, sendo definido como:

$$NUT = \frac{UA}{C_{min}} \quad (6)$$

Para um trocador de calor com escoamento paralelo no qual $C_{min} = C_f$ obtém-se que:

$$\varepsilon = \frac{T_{f,sai} - T_{f,ent}}{T_{q,ent} - T_{f,ent}} \quad (7)$$

Após as operações matemáticas realizadas, para trocadores de calor com escoamento paralelo, a efetividade ε vale:

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp\left\{-NUT\left[1 + \left(\frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right]\right\}}{1 + \left(\frac{C_{min}}{C_{max}}\right)} \quad (8)$$

Expressões similares foram desenvolvidas para uma variedade de trocadores de calor, e os resultados representativos estão resumidos na Figura 2, onde C_r é a razão entre as taxas de capacidades caloríficas, $C_r \equiv C_{min}/C_{max}$. Para o caso em estudo, a opção para calcular a efetividade do trocador de calor esta destacada na figura, onde deve-se tomar cuidado qual o lado possui maior e mínima taxa de capacidade calorífica (Incropera et al., 2008).

Configuração do Escoamento	Relação	
Tubos concêntricos (bitubulares)		
Escoamento paralelo	$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NUT(1 + C_r)]}{1 + C_r}$	(11.28a)
Escoamento contracorrente	$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NUT(1 - C_r)]}{1 - C_r \exp[-NUT(1 - C_r)]}$ ($C_r < 1$)	
	$\varepsilon = \frac{NUT}{1 + NUT}$ ($C_r = 1$)	(11.29a)
Casco e tubos		
Um passe no casco (2, 4, ... passes nos tubos)	$\varepsilon_1 = 2 \left[1 + C_r + (1 + C_r^2)^{1/2} \right]^{-1} \times \frac{1 + \exp[-(NUT)_1(1 + C_r^2)^{1/2}]}{1 - \exp[-(NUT)_1(1 + C_r^2)^{1/2}]}$	(11.30a)
n Passes no casco (2n, 4n, ... passes nos tubos)	$\varepsilon = \left[\left(\frac{1 - \varepsilon_1 C_r}{1 - \varepsilon_1} \right)^n - 1 \right] \left[\left(\frac{1 - \varepsilon_1 C_r}{1 - \varepsilon_1} \right)^n - C_r \right]^{-1}$	(11.31a)
Escoamento cruzado (passe único)		
Dois fluidos não-misturados	$\varepsilon = 1 - \exp \left[\left(\frac{1}{C_r} \right) (NUT)^{0.22} \{ \exp[-C_r(NUT)^{0.78}] - 1 \} \right]$	(11.32)
C_{max} (misturado), C_{min} (não-misturado)	$\varepsilon = \left(\frac{1}{C_r} \right) (1 - \exp[-C_r(1 - \exp(-NUT))])$	(11.33a)
C_{max} (misturado), C_{min} (não-misturado)	$\varepsilon = 1 - \exp(-C_r^{-1} (1 - \exp[-C_r(NUT)]))$	(11.34a)
Todos os trocadores ($C_r = 0$)	$\varepsilon = 1 - \exp(-NUT)$	(11.35a)

Figura 2. Relações da efetividade de trocadores de calor.

Depois de encontrado o valor da taxa de transferência de calor real do trocador, pela Eq. (5), realizando um balanço de energia em qualquer um dos lados dos fluidos, onde $q_f = q_q$, é possível obter a temperatura de saída do fluido.

APARATO EXPERIMENTAL

Para análise experimental e as medições do trocador de calor, a bancada de testes (Figura 3) dispõem de diversos instrumentos e aparelhos, que se fazem necessários para executar as medições e o monitoramento do trocador de calor. São eles:

- Medidor de volume do tipo turbina;
- Sensor de temperatura Termopar tipo K;
- Data logger;
- Reservatório de água;
- Resistência elétrica;
- Eletrobomba;
- Registro do tipo válvula esfera;
- Chave contatora;
- Micro controlador de temperatura;
- Computador;
- Trocador de calor.



Figura 3. Bancada de testes.

Com a bancada é possível medir as temperaturas e vazões de ambos os lados do equipamento (casco e tubos), tanto para o fluido quente como para o fluido frio. E, com isso, possibilitando-se calcular a média logarítmica das diferenças de temperaturas, balanço de energia e a taxa de transferência de calor.

Os termopares foram conectados a um Data Logger com 4 plugues (T1 a T4), sendo que estes encontram-se nas entradas e saídas do trocador de calor e coletam os valores de temperatura de entrada e saída dos fluidos quente e frio.

Para a medição de vazão dos fluxos de fluido que passam pelo trocador de calor, encontram-se dois medidores de volume (a), instalados nas tubulações de entrada do trocador de calor.

O controle da temperatura e aquecimento do fluido que se encontra no reservatório de água (d) é feito por meio de um micro controlador de temperatura (i), uma chave contatora (h) e duas resistências elétricas (e), respectivamente.

O funcionamento da bancada experimental pode ser observado no fluxograma mostrado na Figura 4.

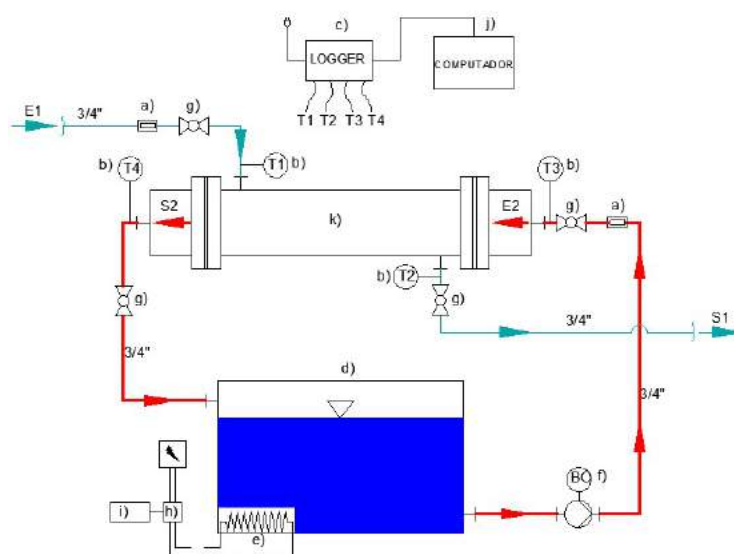


Figura 4. Fluxograma da bancada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A realização do procedimento experimental possibilitou a identificação das temperaturas de entrada e de saída dos fluidos quente e frio, e suas respectivas vazões. De posse dos dados executou-se os cálculos para a taxa de transferência de calor e efetividade.

Foram executados dois testes na bancada, sendo que o primeiro teste foi comparado com valores de temperaturas encontrados numericamente por meio de simulações computacionais realizadas por Debastiani (2018), para o cálculo da taxa de transferência de calor pelo método ΔT_{ml} , conforme apresenta a Figura 5.

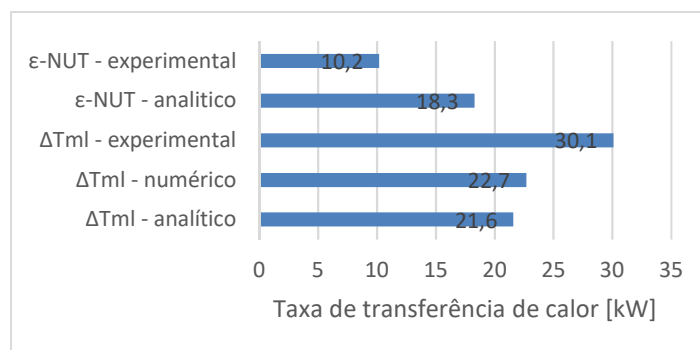


Figura 5. Gráfico comparativo das taxas de transferência de calor (teste – 1).

Já para o segundo teste, é possível verificar que a taxa de transferência de calor variou cerca de 20% pelo método ε -NUT e 16% pelo método ΔT_{ml} , conforme apresenta a Figura 6.

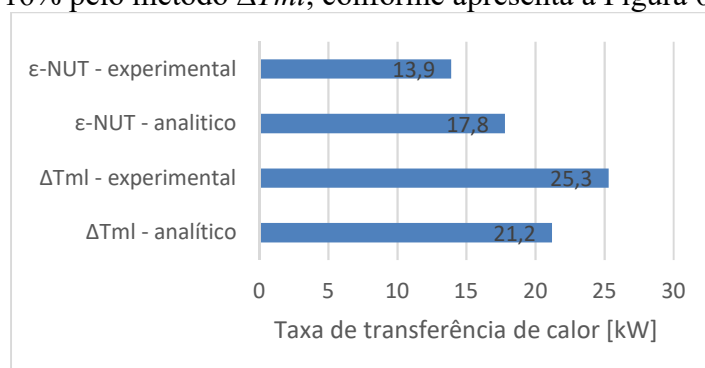


Figura 6. Gráfico comparativo das taxas de transferência de calor (teste – 2).

CONCLUSÕES

O principal objetivo do estudo executado, foi analisar a taxa de transferência de calor e a efetividade do equipamento, obtidos analiticamente com resultados experimentais, onde os dados de temperatura e vazão utilizados experimentalmente foram submetidos ao método da efetividade – NUT e o uso da média logarítmica das diferenças de temperaturas – MLDT.

As condições de operação da bancada de testes, embora sejam limitadas, possibilitaram uma boa aproximação a um trocador de calor industrial, implementando vazões e diferenças de temperaturas para o fluido de trabalho.

Verificou-se que no primeiro teste, ocorreram grandes variações das taxas de transferência de calor, cerca de 28% para o método ΔT_{ml} e 44% pelo método da ε -NUT. Isto deve-se pelo vazamento de fluido frio para o fluxo de fluido quente, inclusive diminuindo a efetividade do trocador de calor. Comparando o valor da taxa de transferência de calor obtida com as temperaturas encontradas numericamente e o valor da taxa de transferência de calor obtida experimentalmente pelo método ΔT_{ml} verifica-se uma diferença de aproximadamente 25%, sendo que a variação entre os valores numéricos e analíticos, é de aproximadamente 5% para o método ΔT_{ml} , o que evidencia o problema dos vazamentos e valida o método analítico.

Após o conserto dos vazamentos, foi executado o segundo teste, obtendo variações de 20% pelo método ε -NUT e 16% pelo método ΔT_{ml} , valores aceitáveis, por serem realizadas simplificações nos cálculos analíticos, como a utilização do coeficiente global de troca térmica para ambos os lados do escoamento, devido ao equipamento não estar em escala industrial e por não contemplar as perdas de calor nos cabeçotes.

REFERÊNCIAS

DEBASTIANI, R. **Análise numérica e analítica de um trocador de calor casco e tubos operando em escoamento cruzado**. 2018. 57 f. Trabalho de Final de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI, Erechim, 2018.

INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais**
Linha de Pesquisa: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico

ANÁLISE COMPARATIVA DO CONSUMO DE AÇO ENTRE ESTRUTURAS DE ALMA CHEIA E ESTRUTURAS TRELIÇADAS USANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Aluno: Mauro José dos Santos**Orientador: Tancredo Westphal Junior**

INTRODUÇÃO

O objetivo principal desse trabalho é a avaliação do consumo de aço de uma tesoura de alma cheia e de uma tesoura treliçada, visando a elaboração de projetos que propiciem a obtenção de estruturas metálicas com melhor relação custo benefício. Treliças metálicas são largamente utilizadas em estruturas para cobertura de pavilhões, aliando resistência mecânica e leveza. Para as simulações foram usados o programa comercial CYPE 3D e o programa em desenvolvimento na URI-Erechim MSBFEA (*Maple System Based Finite Element Analysis*) escrito na plataforma MAPLE. Este trabalho descreve um estudo fundamentado no Método dos Elementos Finitos (MEF) para análise de tensões em pórticos e treliças, sendo apresentado um contexto histórico do desenvolvimento do MEF e a formulação matemática das equações que modelam o elemento finito de barra e o elemento finito de viga, deduzidas pelo Princípio dos Trabalhos Virtuais (PTV). Na fase de dimensionamento foram utilizados, além dos conhecimentos de análise estrutural e resistência dos materiais, grande número de regras e recomendações referentes às NBR (Normas Brasileiras Regulamentadoras) de cálculo estrutural.

MATERIAL E MÉTODOS

Estruturas metálicas são edificações ou partes delas formadas por associação de peças metálicas ligadas entre si por meio de uniões parafusadas ou soldadas. As seções transversais das peças são limitadas em função da capacidade dos laminadores e seus comprimentos são limitados em funções dos meios de transporte disponíveis. Os primeiros usos do ferro aconteceram, aproximadamente, 8.000 anos atrás, em civilizações tais como as do Egito, da Babilônia e da Índia. Na primeira fase de seu uso no Brasil, em fins do século XIX, o país ainda não tinha indústrias siderúrgicas e desse modo importavam-se grandes quantidades de componentes de ferrovias, com suas estações e pontes, da Inglaterra. A segunda fase surgiu entre as duas guerras mundiais, em consequência da paralização de importações, tornando-se imperativo iniciar, assim, o processo de criação e desenvolvimento das empresas que hoje formam o parque siderúrgico nacional (PRAVIA, FICANHA e FABEANE, 2013). A principal aplicação de estruturas metálicas na atualidade ocorre em pontes ferroviárias e rodoviárias, edifícios industriais, comerciais e residenciais, galpões, hangares, coberturas de grandes vãos, torres de transmissão e para antenas, etc.

Os principais tipos de aços carbono usados em estruturas, segundo os padrões da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), da ASTM (*American Society for Testing and Materials*), são os apresentados na Figura 1.

Especificação	Teor de carbono %	Limite de escoamento f_y (MPa)	Resistência à ruptura f_u (MPa)
ABNT MR250	baixo	250	400
ASTM A7		240	370-500
ASTM A36	0,25-0,29	250 (36 ksi)	400-500
ASTM A307 (parafuso)	baixo	—	415
ASTM A325 (parafuso)	médio	635 (min)	825 (min)

Figura 1 - Propriedades mecânicas de aços carbono.

Das amplas possibilidades de concepção, e das finalidades a que se destinam, são muitos os sistemas estruturais que podem ser empregados em construções de pavilhões, dentre eles:

- Pórticos planos, que são estruturas lineares planas com solicitações coplanares. Podemos generalizar os pórticos planos para pórticos espaciais, cujas barras se dispõem em planos diversos. Os pórticos, em conjunto com os elementos secundários, formam o esqueleto resistente do sistema construtivo, onde são fixados os elementos de cobertura e vedação lateral (SOUZA e RODRIGUES, 2008).
- Treliças, que são estruturas lineares constituídas por barras retas, dispostas de modo a formar painéis triangulares, solicitadas basicamente por tração ou compressão.

Ações a considerar no dimensionamento são as que provocam o aparecimento de esforços ou deformações nas estruturas. Quando há aplicação de forças, diz-se que estas forças são ações diretas e quando há deformações impostas a uma estrutura e estas originam esforços na estrutura diz-se que estas deformações geram ações indiretas. Em relação ao tempo, as ações podem ser dos seguintes tipos:

- Ações permanentes: são aquelas que ocorrem com valores constantes ou de pequena variação em torno de um valor médio, durante toda a vida da construção, como por exemplo o peso próprio da estrutura;
- Ações variáveis: são aquelas cujos valores variam significativamente durante toda a vida da construção, como cargas acidentais (ex: vento);
- Ações excepcionais: são aquelas que têm duração extremamente curta e muito baixa probabilidade de ocorrência durante a vida da construção, entretanto, devendo ser consideradas no projeto de determinadas estruturas (ex: explosão) (SOUZA e RODRIGUES, 2008).

Com ênfase nos Estados Limites, os objetivos de um projeto estrutural são:

- Garantia de segurança estrutural, evitando-se o colapso da estrutura.
- Garantia de bom desempenho da estrutura, evitando-se a ocorrência de grandes deslocamentos, vibrações, danos locais.

Um estado limite ocorre sempre que a estrutura deixa de satisfazer um de seus objetivos. Os estados limite podem ser classificados em dois grupos:

- Estados Limites Últimos (ELU);
- Estados Limites de Utilização (ELS).

Os Estados Limites Últimos (ELU) estão associados à ocorrência de cargas excessivas e consequente colapso da estrutura devido, por exemplo:

- Perda de equilíbrio como corpo rígido;
- Plastificação total de um elemento estrutural ou de uma seção;
- Ruptura de uma ligação ou seção;
- Flambagem em regime elástico ou não;
- Ruptura por fadiga.

Os Estados Limites de Utilização (ELS) (associados a cargas em serviço) incluem:

- Deformações excessivas;
- Vibrações excessivas.

No exemplo de uma construção de um pavilhão industrial, as ações permanentes correspondem ao peso próprio dos elementos que formam a estrutura e dos materiais ligados a ela.

Nas coberturas comuns (telhados), na ausência de especificação mais rigorosa, deve ser prevista uma sobrecarga característica mínima de $0,25 \text{ kN/m}^2$, em projeção horizontal. Admite-se que essa sobrecarga englobe as cargas decorrentes de instalações elétricas e hidráulicas, de isolamentos térmico e acústico e de pequenas peças eventualmente fixadas na cobertura, até um limite superior de $0,05 \text{ kN/m}^2$.

O estudo do vento para o dimensionamento das tesouras do pavilhão considerado neste trabalho está de acordo com as diretrizes da norma NBR 6123/1988. Na avaliação das forças do vento se estabeleceu uma velocidade básica $V_0 = 45 \text{ m/s}$, velocidade encontrada na Região Norte do Rio Grande do Sul.

Para efeito de cálculo, é desprezada a possibilidade de abertura dominante em qualquer face e consideradas, conforme o item 6.2.5.a da norma NBR 6123, duas faces opostas igualmente permeáveis e as outras faces impermeáveis, que é geralmente o mais usado para galpão, desde que as aberturas não sejam exageradas. Logo:

- Velocidade básica do vento $V_0 = 45 \text{ m/s}$;
- Fator topográfico $S_1 = 1,00$;
- Fator de rugosidade $S_2 = 0,9$;
- Fator de estatístico $S_3 = 1$.

Resultando assim na formação dos casos de cargas críticas para cada direção do vento 0° e 90° , para os quais serão dimensionadas as tesouras do pavilhão, como é mostrado na Figura 2a e 2b.

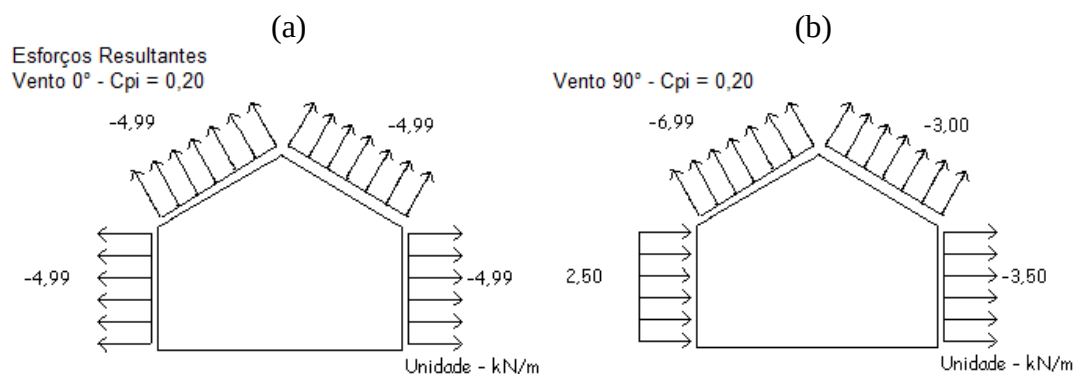


Figura 2 - a) Esforços resultantes dos casos de carga críticos para vento a 0° e b) para vento a 90° .

Cargas nas barras da tesoura de alma cheia. As colunas mostradas na Figura 3 não contemplam o modelo estrutural analisado, apenas a tesoura é analisada nesse trabalho.

- Amarelo, Peso próprio = 0,441 kN/m;
- Verde, Sobrecarga = 1,25 kN/m;
- Azul, Carga permanente = 0,5 kN/m;
- Magenta, Vento 0° (Vento Longitudinal) = 4,99 kN/m;
- Marrom, Vento 90° (Transversal) = 6,99 kN/m e 3 kN/m.

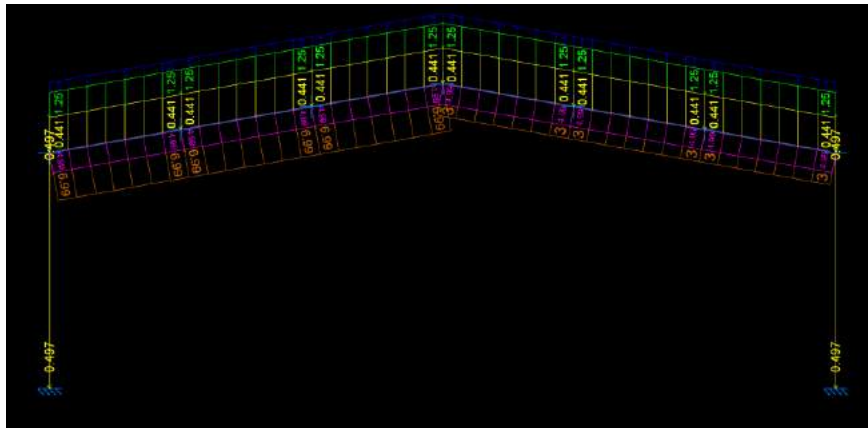


Figura 3 - Todas as combinações de carga sobre a tesoura de alma cheia.

Cargas nas barras da tesoura treliçada. As colunas mostradas na Figura 4 não contemplam o modelo estrutural analisado, apenas a tesoura é analisada nesse trabalho.

- Banzos, Amarelo, Peso próprio = 0,088 kN/m;
- Montantes e diagonais, Amarelo, Peso próprio = 0,06 kN/m;
- Magenta, Sobrecarga = 1,88 kN/m;
- Verde, Carga permanente = 0,75 kN/m;
- Marrom, Vento 0° (Vento Longitudinal) = 7,49 kN/m;
- Azul, Vento 90° (Transversal) = 10,49 kN/m e 4,5 kN/m.

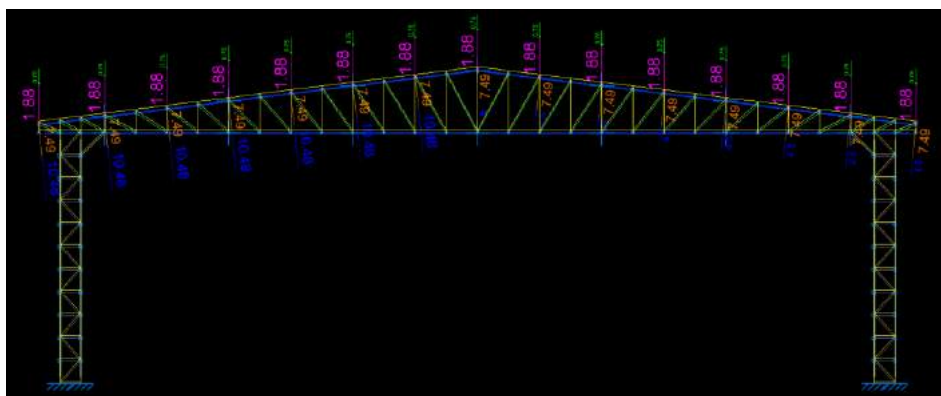


Figura 4 - Todas as combinações de carga sobre a tesoura treliçada.

RESULTADOS

Neste item são mostrados resultados obtidos pelo dimensionamento feito no CYPE 3D, gerando assim listas de materiais para cada tipo de pórtico, onde são mostradas também algumas características da composição da estrutura calculada.

Listas de materiais da tesoura de alma cheia			
Perfil	Aço	Comp. Total (m)	Peso (kg f)
W 360 x 45	ASTM A 572 Gr. 50	20,4	918
		Peso total	918
		Área de influência (m ²) = 20x5	100
		Taxa do pórtico (kg/m²)	9,18

Figura 5 - Lista de materiais para a tesoura de alma cheia.

Listas de materiais da tesoura treliçada			
Perfil	Aço	Comp. Total (m)	Peso (kg f)
U 200x50x4	CF - 26 (FF)	42	378
U 190x40x3	CF - 26 (FF)	48	297,6
		Peso total	675,6
		Área de influência (m ²) = 20x5	100
		Taxa do pórtico (kg/m²)	6,76

Figura 6 - Lista de materiais para a tesoura treliçada.

Como comparativo apresenta-se na Figuras 7 o peso das estruturas, taxa do pórtico e custo de material, levando em consideração o preço médio de R\$ 6,00 por quilograma de aço, para a cidade de Erechim, Rio Grande do Sul, novembro de 2018.

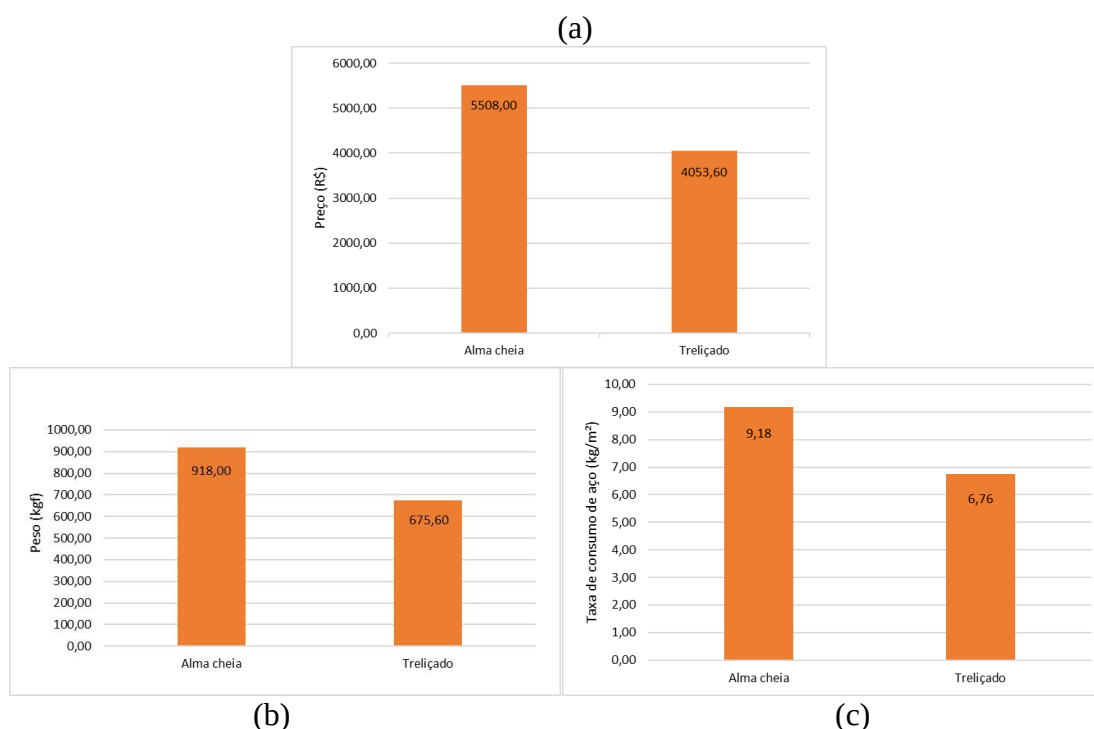


Figura 7 – Comparativo entre tesouras a) preço, b) peso e c) taxa de consumo de aço.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o pórtico de alma cheia apresenta uma taxa de consumo de aço maior, levando assim a um custo médio maior para aquisição dos perfis metálicos. O comparativo entre as tesouras é mostrado na Figura 7. Para o pórtico de alma cheia a taxa de consumo de aço é $9,18 \text{ kg/m}^2$, enquanto para o pórtico treliçado é de $6,76 \text{ kg/m}^2$, havendo assim uma redução de 26,4% para a estrutura treliçada. É confirmada assim a ideia inicial desse trabalho.

Outro fator importante a destacar é que a condição de apenas ter uma taxa de consumo de aço maior não implica que a estrutura será mais onerosa, pois a fabricação da estrutura treliçada exige maior quantidade de homem/hora para sua execução, espaço maior para estoque de peças e maior área a ser pintada, dentre outros fatores.

Portanto, a decisão final de escolha de qual estrutura é a mais adequada deve levar em conta esses fatores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 14762**: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro, 2001.

CYPE 3D. Help. **Topinformatica**. 2018. Home page <http://servicos.topinformatica.pt/fich/manuaiscype/CYPE_3D_Memoria_de_Calculo.pdf> Acesso em: 23 junho. 2018.

PFEIL, W. e PFEIL, M. **Estruturas de aço: Dimensionamento prático**. 8ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PRAVIA, Z.M.C.; FICANHA, R.A.; FABEANE, R. **Projeto e cálculo de estruturas de aço. Edifício industrial detalhado**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SOUZA, M.F.S.M.; RODRIGUES, R.B. “**Sistemas estruturais de edificações e exemplos**”. 2008. Home page < http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf> Acesso em: 23 junho 2018.

Mecânico
**DIMENSIONAMENTO DE EIXOS DE TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA POR
ELEMENTOS FINITOS NA PLATAFORMA MSBFEA**
Aluno: Michel Carlos Kirniew**Orientador: Tancredo Westphal Junior****INTRODUÇÃO**

A aplicação mais importante de eixos circulares em engenharia é transmitir potência mecânica de um dispositivo ou máquina para outro, como no virabrequim de um automóvel, um eixo propulsor de um navio ou o eixo de uma bicicleta. A potência é transmitida através de um movimento rotatório do eixo, e a quantidade de potência transmitida depende da magnitude do torque e da velocidade de rotação. Um problema comum no dimensionamento é determinar o diâmetro mínimo de um eixo de forma que ele transmita uma quantidade específica de potência numa velocidade de rotação especificada sem exceder as tensões admissíveis do material (GERE, 2001).

O presente trabalho tem por objetivo dimensionar eixos de transmissão de potência com diversos elementos acoplados (engrenagens, polias, etc.) e seções transversais variadas, aplicando o MEF, inserindo o elemento finito *Eixo-Viga* no sistema MSBFEA (*Maple System Based Finite Element Analysis*), utilizando programação no *Maple*.

MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

O MEF, segundo Oñate (2009), é um procedimento de solução numérica para equações que regem os fenômenos físicos observados na natureza. Normalmente os mesmos 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 e integrais. Usando o método clássico dos deslocamentos, o sistema de equações de elementos finitos relaciona o vetor de forças nodais $\mathbf{f}$ com o vetor de deslocamentos nodais

Substituindo estes deslocamentos na equação de elementos finitos original

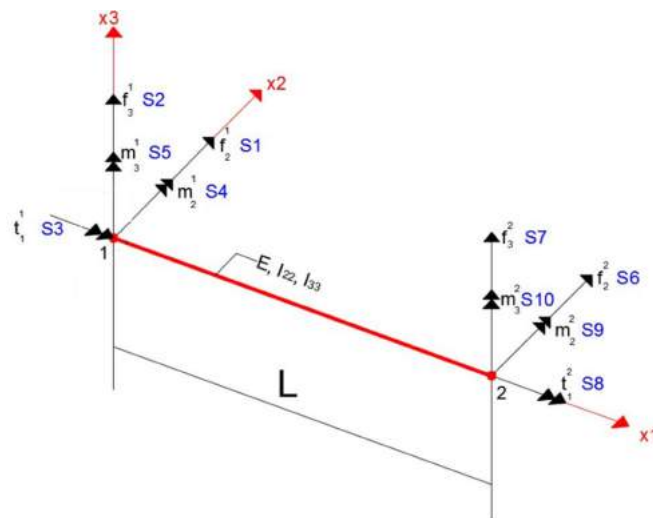
$$\mathbf{f} = \mathbf{K}\mathbf{u}$$

ELEMENTO EIXO_VIGA

O elemento é assumido ser reto e de seção transversal uniforme, capaz de transmitir momentos em torno de dois eixos perpendiculares no plano de sua seção transversal, e um momento torçor em torno de seu eixo centroidal (PRZEMIENIECKI, 1968).

As seguintes forças nodais generalizadas agem sobre o elemento: forças cisalhantes f_2^1, f_3^1, f_2^2 e f_3^2 , momentos fletores m_2^1, m_3^1, m_2^2 e m_3^2 , e torques t_1^1 e t_1^2 , ver Fig. 1 sendo todas mostradas com o sentido positivo. Os correspondentes deslocamentos nodais generalizados são: deslocamentos transversais u_2^1, u_3^1, u_2^2 e u_3^2 , rotações de flexão $\varphi_2^1, \varphi_3^1, \varphi_2^2$ e φ_3^2 , e rotações de torção θ_1^1 e θ_1^2 . O elemento tem cinco graus de liberdade (GDL) por nó, e como o elemento tem dois nós, o mesmo tem no total dez GDL.

A matriz de rigidez do elemento é de ordem 10×10 , mostrada a seguir, e se os eixos locais são escolhidos coincidentemente com os eixos principais da seção transversal, é possível construir a matriz de rigidez 10×10 a partir de submatrizes 2×2 e 4×4 . De acordo com os modelos de engenharia para flexão e torção de vigas os torques t_1^1 e t_1^2 dependem somente de suas correspondentes rotações θ_1^1 e θ_1^2 . No entanto, para escolha arbitrária dos planos de flexão os momentos fletores e forças cortantes no plano x_1x_2 dependem não apenas de seus correspondentes deslocamentos generalizados, mas também dos deslocamentos generalizados correspondentes às forças generalizadas no plano x_1x_3 . Somente quando os planos x_1x_2 e x_1x_3 coincidem com os planos principais da seção transversal os momentos fletores e forças cortantes podem ser consideradas independentemente.



com a matriz de rigidez

$$K = \begin{bmatrix} \frac{12EI_{33}}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_{33}}{L^2} & -\frac{12EI_{33}}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_{33}}{L^2} \\ 0 & \frac{12EI_{22}}{L^3} & 0 & -\frac{6EI_{22}}{L^2} & 0 & 0 & -\frac{12EI_{22}}{L^3} & 0 & -\frac{6EI_{22}}{L^2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{6EI_{22}}{L^2} & 0 & \frac{4EI_{22}}{L} & 0 & 0 & \frac{6EI_{22}}{L^2} & 0 & \frac{2EI_{22}}{L^2} & 0 \\ \frac{6EI_{33}}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_{33}}{L} & -\frac{6EI_{33}}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI_{33}}{L^2} \\ -\frac{12EI_{33}}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_{33}}{L^2} & \frac{12EI_{33}}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_{33}}{L^2} \\ 0 & -\frac{12EI_{22}}{L^3} & 0 & \frac{6EI_{22}}{L^2} & 0 & 0 & \frac{12EI_{22}}{L^3} & 0 & \frac{6EI_{22}}{L^2} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{GJ}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{6EI_{22}}{L^2} & 0 & \frac{2EI_{22}}{L^2} & 0 & 0 & \frac{6EI_{22}}{L^2} & 0 & \frac{4EI_{22}}{L} & 0 \\ \frac{6EI_{33}}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI_{33}}{L^2} & -\frac{6EI_{33}}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_{33}}{L} \end{bmatrix}.$$

Desta forma a equação de elementos finitos é expressa matricialmente na forma

$$f = Ku.$$

PROGRAMAÇÃO MAPLE

O sistema que está em desenvolvimento, chamado MSBFEA, possui três módulos atualmente, cada um com diferentes finalidades, sendo:

MSBFEA-PRE: módulo pré-processador, onde basicamente se especifica as coordenadas dos nós, as conectividades dos elementos, as vinculações da estrutura e as cargas externas aplicadas, bem como os materiais e suas propriedades geométr

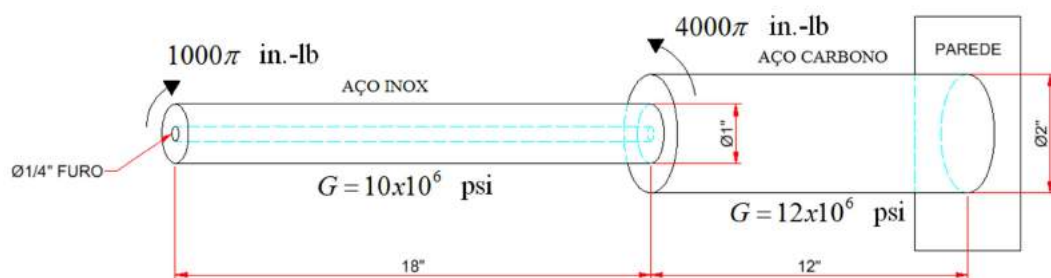


Figura 2 - Projeto 01.

Os resultados de elementos finitos para deslocamentos nodais generalizados (DN) e forças nodais generalizadas (FN) encontrados no MSBFEA, são mostrados na Fig. 3.

P1_MEF - Bloco de notas		
Arquivo	Editar	Formatar Exibir Ajuda
Bloco 1: Deslocamentos Nodais	Nó	DN1
	1	11013/212500
	2	-3/500
	3	0
Bloco 2: Forças Nodais	Nó	FN1
	1	1000*Pi
	2	-4000*Pi
	3	3000*Pi

Figura 3 - Resultados Projeto 01.

Os resultados obtidos com o sistema MSBFEA são comparados com aqueles de Byars e Snyder (1963, p. 195) na Tab. 1. Observa-se a boa concordância entre os resultados. Também é verificado o equilíbrio de momentos!

Nó	Byars e Snyder (1963) [Radianos]	BYARS e SNYDER (1963) [Graus]	MSBFEA [Radianos]	MSBFEA [Graus]
1	0,0516	2,95	0,0518	2,97

Tabela 1 - Comparação de Resultados.

O Projeto 02, Fig. 4, consiste de um eixo engastado na extremidade esquerda, com dois nós e um elemento, sendo que cada nó possui cinco graus de liberdade. Com a aplicação do Projeto 02 foi programada a matriz de rigidez para o elemento finito *Eixo_Viga*, de ordem 10x10, implementada no MSBFEA-FEM, com a matriz de rigidez foi possível calcular as reações, Fig. 5.

$$KG = \begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & 0 & 0 & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & 0 \\ \frac{6EI}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & 0 & 0 & \frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{GJ}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & 0 & 0 & \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & 0 \\ \frac{6EI}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix}$$

$$f = \begin{bmatrix} -F_2 \\ -F_3 \\ -T_1 \\ L \cdot F_3 - M_2 \\ -L \cdot F_2 - M_3 \\ F_2 \\ F_3 \\ T_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{bmatrix}$$

Figura 5 - Projeto 02: Matriz de rigidez e Reações.

Resolvendo o elemento finito pelos conceitos aprendidos na estática, temos que para o corpo se manter estático é preciso ter reações às cargas aplicadas no elemento. Na Tab. 2 mostra os resultados pelos cálculos estáticos.

Nó	Direção	Reação
1	x_2	$-F_2$
1	x_3	$-F_3$
1	x_1	$-T_1$
1	x_2	$(F_3 \cdot L) - M_2$
1	x_3	$-(F_2 \cdot L) - M_3$

Tabela 2 - Projeto 02: Resultados Calculos Estáticos.

No Projeto 03, Fig. 6, foi resolvido o exemplo de Collins (2013, p. 290), que consiste em um eixo com quatro nós e três elementos, sendo dois nós com ações concentradas (nós 2 e 4) e três nós com forças de reação (nós 1, 3 e 4), com a formulação para solução do problema implementada no MSBFEA-POS.

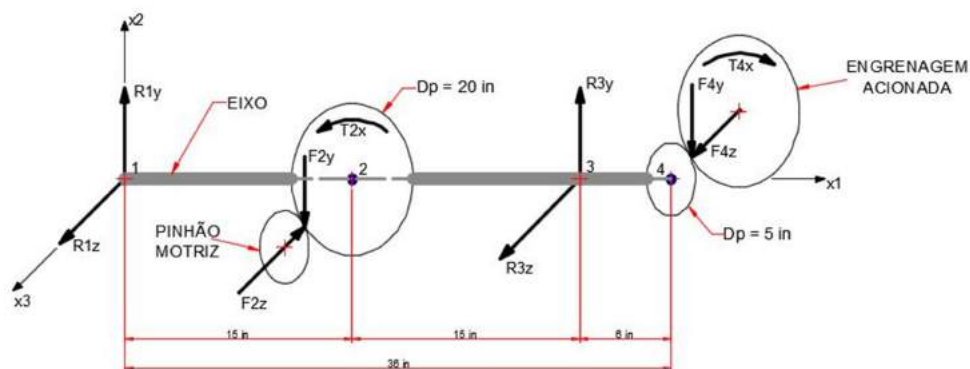


Figura 6 - Projeto 03.

Os resultados obtidos no MSBFEA para os diâmetros do eixo são mostrados na Fig. 7, fazendo uma comparação com os resultados de Collins (2013), Tab. 3, pode-se ver resultados semelhantes, validando assim o programa.

```
> Diametro;  
[ 0.7932756790  
  3.962764450  
  5.457227176  
  3.720022826 ]
```

Figura 7 - Diâmetros finais das Seções A, B, C e D, MSBFEA

Seção	Diâmetro
A	0,79 polegadas
B	3,96 polegadas
C	5,46 polegadas
D	3,72 polegadas

Tabela 3 - Resultados do Exemplo de Collins (2013 p. 290).

CONCLUSÕES

Após este estudo pode-se concluir que os resultados foram validados, sendo obtidos nos três projetos estudados resultados semelhantes aos encontrados nas bibliografias e cálculos estáticos analíticos. O programa ainda precisa de ajustes, a fim de apresentar os resultados de melhor forma, com melhor formatação para facilitar o entendimento e melhor visualização. Concluindo, para um leigo na utilização de programas de dimensionamento de eixos com elementos finitos, o elemento *Eixo_Viga* agora disponível no MSBFEA é de fácil utilização.

REFERÊNCIAS

- BYARS, E.F.; SNYDER, R.D. **Engineering Mechanics of Deformable Bodies**. 3ª ed. Nova Iorque: Intext, 1963.
- COLLINS, J.A. **Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas - Uma Perspectiva de Prevenção da Falha**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- GERE, J.M. **Mecânica dos Materiais**. 5º ed. São Paulo: Thomsom Learning Ltda, 2001.
- PRZEMIENIECKI, J.S. **Theory of Matrix Structural Analysis**. Nova Iorque: Dover Publications, 1968.
- OÑATE, E. **Structural Analysis with the Finite Element Method. Linear Statics Volume 1. Basis and Solids**. Springer, 2009.



QUALIFICAÇÃO DE JUNTAS SOLDADAS PARA UMA CASA MODULAR DE PAINÉIS TERMOISOLANTES

Aluno: Ronaldo Martins

Orientador: Prof. MSc Oseias Esmelindro

INTRODUÇÃO

A necessidade de regras e regulamentos para controlar as atividades humanas vieram com a Revolução Industrial, onde as ações nesse campo começaram a exercer um importante efeito sobre os fabricantes, operadores e usuários dos produtos produzidos. Segundo Modenesi (2005), a qualificação do processo de soldagem pode ser feita de acordo com Normas Internacionais, que especificam requisitos a serem atendidos pelas empresas que trabalham com soldagem. Entre elas estão a American Welding Society (AWS D1.1), American Society of Mechanical Engineers (ASME IX) e International Organization for Standardization (ISO).

Nessa perspectiva, o presente trabalho traz o estudo do processo de soldagem MAG (Metal Active Gás), nas juntas que agregam a parte estrutural da casa modular Brashouse, cujo o metal de base utilizado é o SAE 1008, assim como a qualificação e padronização da solda, desenvolvendo a Especificação do Procedimento de Soldagem (EPS) e um Registro de Qualificação do Procedimento de Soldagem (RQPS), para esse processo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a soldagem dos corpos de prova do aço SAE 1008 com espessura de 2mm, foi utilizada a máquina de solda eletrônica ESAB (MIG 5001 i MV), com o arame ER70S-6 e gás CO₂. Os ensaios de tração e dobramento, foram realizados pela máquina de ensaios universais SHIMADZU®, para a micrografia da região da solda foram usados os equipamentos metalográficos e a caracterização da composição do metal de base, foi realizada através do espectrômetro de emissão ótica, todos esses localizados no Laboratório da URI – Campus de Erechim.

Os testes foram feitos, seguindo parâmetros e normas que ajudou na obtenção dos resultados apresentados. Após os ensaios, foram preenchidas a Especificação do Procedimento de Soldagem (EPS) e o Registro de Qualificação do Procedimento de Soldagem (RQPS).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os parâmetros de soldagem foram seguidos conforme a Tabela 1, definidos através da espessura do material. Com a realização da soldagem e dos ensaios nos corpos de prova, obtiveram-se os seguintes resultados.

PARAMETROS DE SOLDAGEM						
ARAME	CHAPA	POSICAO	AMPERAGEM	VOLTAGEM	VELOCIDADE ARAME (m/min)	GÁS (L/min)
0,80 mm	2,00 mm	TOPO	60 A	18 V	3,20	10,00
0,80 mm	2,00 mm	SOBREPOSTA	50 A	18 V	2,70	10,00
0,80 mm	2,00 mm	SOBREPOSTA	60 A	18 V	4,00	10,00

Tabela 1: Parâmetros de soldagem

A Tabela 2 mostra os valores obtidos no ensaio de tração para os corpos de prova com solda de topo, assim como a média aritmética de cada ensaio:

CP	Tensão de Escoamento (N/mm ²)	Máxima Tensão (N/mm ²)	Tensão de Ruptura (N/mm ²)
3	283,135	375,303	337,709
6	278,940	375,528	337,917
9	275,745	379,093	341,175
Média	279,273	376,641	338,934

Tabela 2: Resultados dos ensaios de tração solda de topo

Na Figura 1, estão apresentados os três corpos de prova utilizados para medir a resistência mecânica via ensaio de tração do material com solda de topo:

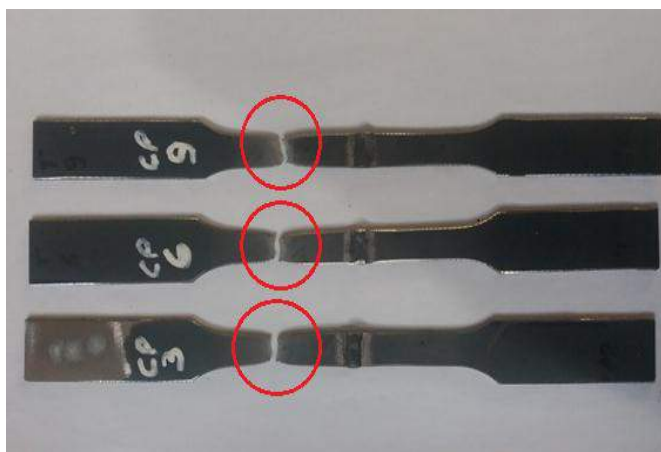


Figura 1: Corpos de prova do material soldado de topo com a estrição em destaque

Na Tabela 3, encontram-se os valores do ensaio de tração para os corpos de prova com solda sobreposta.

CP	Tensão de Escoamento (N/mm ²)	Máxima Tensão (N/mm ²)	Tensão de Ruptura (N/mm ²)
3	295,900	380,104	342,053
6	285,076	346,633	305,178
9	271,509	377,380	339,632
Média	284,162	368,039	328,954

Tabela 3: Resultados dos ensaios de tração solda de sobreposta

Na Figura 2, estão apresentados os três corpos de prova utilizados para medir a resistência mecânica via ensaio de tração do material com solda sobreposta:

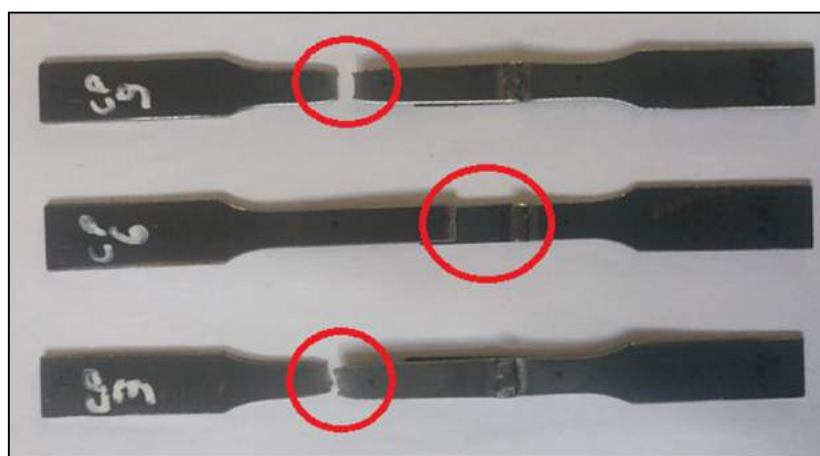


Figura 2: Corpos de prova do material com solda sobreposta com a estrição em destaque

Conforme apresentado na figura 2 os corpos de prova 3 e 9 fraturou no metal de base (MB), porém o 6 rompeu na zona termicamente afetada (ZTA). Segundo o fabricante, a tensão de escoamento do aço SAE 1008 é de 285 N/mm² e a resistência a tração do mesmo é 340 N/mm², que se encaixa muito próximo dos valores encontrados nos ensaios realizados.

A Tabela 4 mostra os valores obtidos no ensaio de dobramento para os seis corpos de prova com solda de topo, sendo que três deles com dobramento de raiz e três com dobramento de face:

Corpo de Prova	Máxima Força (N)
CP2 - RAIZ	2530,29
CP5 - RAIZ	1610,33
CP8 - RAIZ	2152,40
Média	2097,67
CP1 - FACE	2038,62
CP4 - FACE	2849,25
CP7 - FACE	1957,70
Média	2281,86
Total Média	2189,77

Tabela 4: Resultado do ensaio de dobramento solda de topo

Os resultados obtidos nos ensaios de dobramento tiveram valores bem diferentes de um para o outro, vindo de encontro que os corpos de prova não são todos com a mesma largura, por variar no momento do corte. Na figura 3, esta apresentado os corpos de provas dobrados.

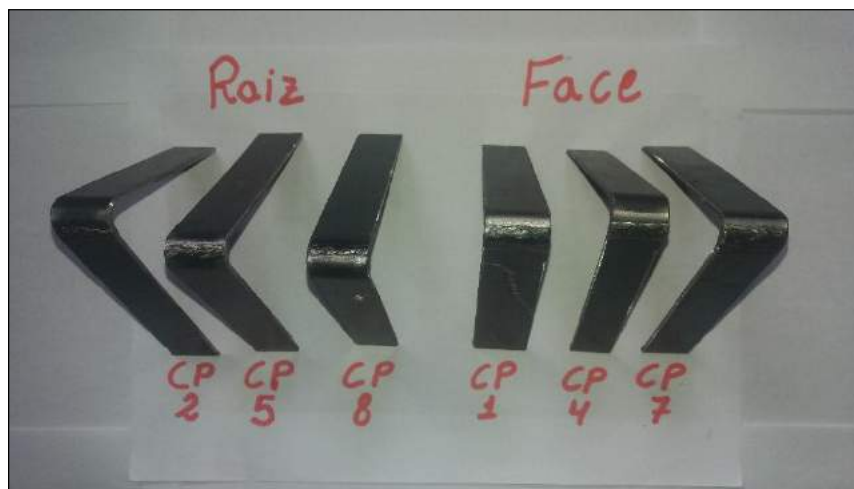


Figura 3: Corpos de prova

As imagens micrográficas do Aço SAE 1008, dividida em Metal Base (MB), Zona Termicamente Afetada (ZTA) e Zona de Fusão (ZF), podem ser vistas nas Fig.4, 5 e 6.



Figura 4 – Micrografia (MB), aumento 400x.

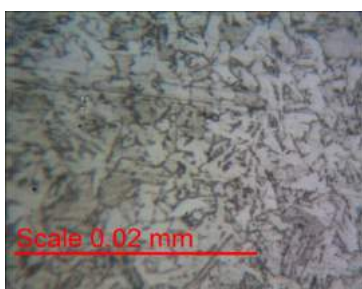


Figura 5 - Micrografia (ZTA), aumento 400x.

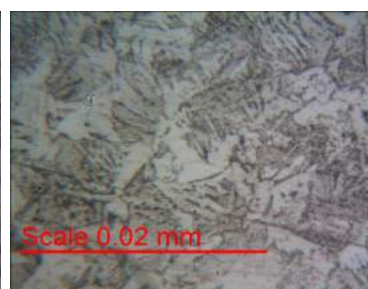


Figura 6 – Micrografia (ZF), aumento 400x

Conforme mostrado nas Fig. 3,4 e 5, é possível visualizar que o Metal Base (MB) tem em sua estrutura grãos de ferrita e perlita, já na Zona Termicamente Afetada (ZTA), teve um leve crescimento de grão denominado austenítico e na Zona de Fusão (ZF) por sua vez resultou em uma estrutura, com ferrita acicular.

Os parâmetros de solda juntamente com os resultados obtidos através dos ensaios descritos anteriormente, serviram para o preenchimento e normalização da Especificação do Procedimento de Soldagem (EPS) e do Registro de Qualificação dos Procedimentos de Soldagem (RQPS).

CONCLUSÕES

No presente trabalho investigou-se as propriedades mecânicas, químicas e microestruturais do aço SAE 1008, após serem submetidos ao processo de soldagem MAG. Diferentes técnicas foram utilizadas para avaliar as características do aço, tais como espectroscopia de emissão óptica, análise microestrutural, e ensaios de tração e fadiga. Observaram-se modificações do aço, na zona termicamente afetada (ZTA) após o processo de soldagem, que caracterizou em um aumento no

tamanho de grão. Esse aumento de grão da zona termicamente afetada (ZTA), resultou na fratura de alguns corpos de prova, com solda sobreposta no ensaio de tração. A solda em questão, não qualificou, com base nos resultados obtidos nos ensaios. Quando foi realizado a soldagem dos corpos de prova, o modo sinérgico da máquina de solda estava acionado, sem o conhecimento do operador, daí houve oscilações, diminuindo assim a eficiência e a qualidade do processo de soldagem. Concluiu-se também, a importância da qualificação dos processos de soldagem em uma indústria, pois somente assim, torna-se possível, padronizar as atividades e melhorar o produto final. Mesmo com a não qualificação da solda, o resultado dos ensaios realizados foi possível preencher a especificação do procedimento de soldagem (EPS), e o registro de qualificação do procedimento de soldagem (RQPS), com os seus específicos campos.

REFERÊNCIAS

MARQUES, Paulo; MODENESI, Paulo; BRACARENSE, Paulo. **Soldagem Fundamentos e Tecnologia**, Belo Horizonte, EdiUFMG, 2009.

CALLISTER, Junior. **Ciência e Engenharia dos Materiais**, Rio de Janeiro: EditLTC, 2008.

BRANDI, Sergio. **Classificação dos Processos de Soldagem**, São Paulo: EditEdgarBlucher, 2004.

TATAGIBA, L. C. S.; GONÇALVES, R. B.; PARANHOS, R. **Tendências no Desenvolvimento de Gases de Proteção Utilizados na Soldagem MIG/MAG**. Soldag. Insp. São Paulo, Vol.17, Nº. 3, p.218-228, Jul/Set 2012

ISO. International Organization

**GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais**
Linha de Pesquisa: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico

ANÁLISE DE UMA ESTRUTURA DE SUPORTE PARA SILO ELEVADO PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS UTILIZANDO O SOLIDWORKS SIMULATION

Sidnei José Polinski e Tancredo westphal Junior

Análise de uma Estrutura de Suporte para Silo Elevado pelo Método dos Elementos Finitos utilizando o SOLIDWORKS SIMULATION com Elementos de Viga e Sólido Tetraédrico Comparado com o ANSYS WORKBENCH

elemento sólido tetraédrico linear, para todos os casos foi aplicado uma força total de 100 kN distribuídos em cada um dos quatro pontos de apoio, e o tempo de simulação foi utilizado como medida de custo computacional, a tensão máxima de von Mises e o deslocamento máximo como parâmetros para se verificar a convergência. Na Tab. 1 é mostrado os resultados das análises de convergência e o tamanho de elemento selecionado.

Elemento analisado	Tamanho do elemento (mm)	Número de elementos	Tempo de Simulação (s)
Elemento de Viga (SOLIDWORKS)	30	3435	10
Tetraédrico Parabólico (SOLIDWORKS)	30	465.478	75
Tetraédrico Linear (SOLIDWORKS)	30	467.544	104
Tetraédrico Parabólico (ANSYS)	40	380.260	843
Tetraédrico Linear (ANSYS)	40	380.233	201

Tabela 1 – Resultados das convergências de malhas analisadas.

Após as análise de convergência para a tensão nominal, foram feitas as simulações onde para todos os casos foi aplicado uma força total de 170 kN distribuídos em quatro pontos de apoio, ou seja, 42,5 kN em cada ponto de apoio, como mostra a Fig.

O projeto das análises bem como a aplicação das cargas estáticas é desenvolvido tendo como referência a norma da ABNT NBR 8.800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Para o critério de aceitação em função das cargas majoradas pela norma através das combinações de estado último, considera-se uma estrutura adequada com coeficiente de segurança igual ou superior a 2,5. Este coeficiente dado pela razão entre a tensão de escoamento e a tensão máxima encontrada.

Na análise da estrutura utilizando elemento de viga com uma malha com elementos de tamanho 30 mm, simulado no SOLIDWORKS, a tensão encontrada corresponde a máxima tensão nominal atuante na estrutura, tensão que foi utilizada para calibrar o tamanho das outras malhas.

Os resultados obtidos pela simulação com malha de viga foram:

- Tensão de von Mises máxima: 85,65 MPa (Fig. 2).
- Deslocamento total máximo: 4,16 mm (Fig. 2).
- Fator de segurança: 2,91.

Sidnei José Polinski e Tancredo westphal Junior

Análise de uma Estrutura de Suporte para Silo Elevado pelo Método dos Elementos Finitos utilizando o SOLIDWORKS SIMULATION com Elementos de Viga e Sólido Tetraédrico Comparado com o ANSYS WORKBENCH

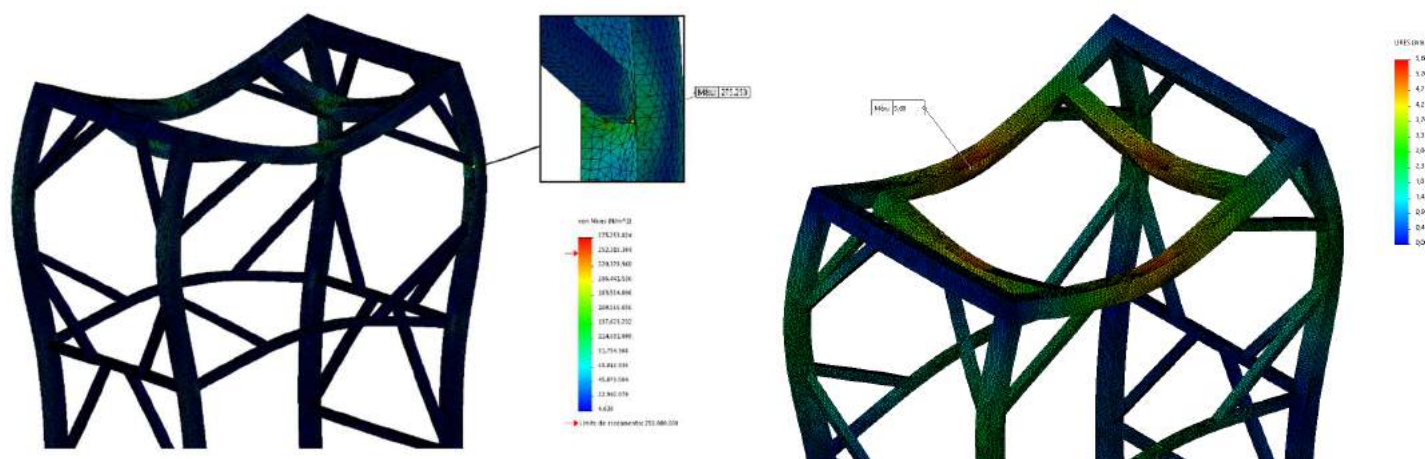


Figura 3 – Tensão e deslocamento com malha de tetraédricos parabólicos (SOLIDWORKS)

Sidnei José Polinski e Tancredo Westphal Junior

Análise de uma Estrutura de Suporte para Silo Elevado pelo Método dos Elementos Finitos utilizando o SOLIDWORKS SIMULATION com Elementos de Viga e Sólido Tetraédrico Comparado com o ANSYS WORKBENCH

Os elementos de viga mostraram a tensão nominal máxima atuante na estrutura, tensão esta que foi utilizada para calibrar o tamanho da malha de elementos lineares, nos quais convergiram para a tensão nominal com um tamanho recomendado para sólidos tetraédricos.

Também foi observado nas simulações que elementos sólidos tetraédricos parabólicos não são indicados para análise desse modelo de estrutura, pois não convergiram para a tensão nominal com o tamanho de elemento apropriado, devido ao fato de que na aresta formada pelo suporte principal e o reforço se encontram regiões de singularidade, “...este fenômeno também foi observado por outros autores (KAZBERUK *et al.*, 2016) podendo-se concluir que nas regiões de singularidade, a tensão tende ao infinito...”

Já as análises com elementos lineares, se mostraram mais precisas para o estudo da estrutura, já que a mesma tem um comportamento linear, e as tensões dos elementos lineares são constantes em sua espessura bem com sua deformação.

Como explica Alves Filho (2007) precisa-se tomar um certo cuidado em regiões que tenha uma aresta na peça, pois nessas regiões de singularidade podem se obter resultados falsos, mas isso não é problema do elemento finito, uma vez que analiticamente se verifica também, pois se tivesse uma análise que permanecesse eternamente linear isso aconteceria, mas na prática não acontece porque quanto a tensão começa a atingir um certo valor, o material plastifica, então ele chega no regime elástico e então essa tensão calculada é mentirosa pois ela não tem sentido físico.

Na análise realizada no SOLIDWORKS com elementos de viga e elementos sólidos tetraédricos lineares, bem como a análise realizada no ANSYS também com elementos sólidos tetraédricos lineares, os resultados para a tensão não atingiram a tensão de escoamento do material, e a estrutura ficou conforme o coeficiente de segurança permitido pela norma, mostrando que a mesma não necessita ser redimensionada ou reforçada nesses pontos, e que a mesma está dimensionada de forma que atenda às necessidades pelas quais foi projetada.

CONCLUSÕES

Após este estudo pode-se concluir que nas análises realizadas no SOLIDWORKS com elementos de viga e elementos tetraédricos lineares, bem como a análise realizada no ANSYS também com elementos tetraédricos lineares, deram resultados muito parecidos e satisfatórios, certificando assim a confiabilidade dos dois programas e comprovando que essas malhas são as mais indicadas para análise da estrutura. Já nas análises com elementos tetraédricos parabólicos não se obteve convergência para a tensão nominal com um tamanho de elemento adequado, mostrando dessa forma que elementos tetraédricos parabólicos não é a melhor para a análise da estrutura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

ALVES FILHO, A. **Elementos Finitos: A Base da Tecnologia CAE**. 5. ed. São Paulo: Érica, 2007.

KAZBERUK, A.; SAVRUK, M.; CHORNENKYI, A. **Stress Distribution at Sharp and Rounded V-notches in Quasi-Orthotropic Plane**. International Journal of Solids and Structures, 2016.

WESTPHAL JUNIOR, T. **Método dos Elementos Finitos**. 2015. 58 f. Apostila (Graduação em Engenharia) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI, Erechim, 2015.



GEAPI - Grupo de Engenharia Aplicada a Processos Industriais
Área/Linha de Pesquisa: Soldagem e Engenharia de Superfícies



ESTUDO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM PARA A LIGA AA 5083 UTILIZANDO O PROCESSO FSW EM BRAÇOS ROBÓTICO

Aluno: Thiago Silvestrini

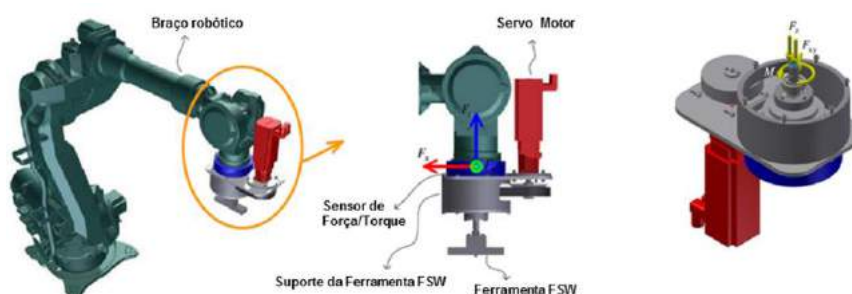
Orientador: Arthur Bortolin Beskow

1. INTRODUÇÃO

O processo FSW é uma tecnologia de união de estado sólido patenteada pelo Instituto de Soldagem (TWI) em 1991 (THOMAS, W. *et al.*, 1995). O atrito criado entre a ferramenta e as peças literalmente aquece e movimenta os materiais de base, no estado sólido, para produzir uma solda. O processo é conhecido como solda por fricção e mistura mecânica (MESSLER, R. 2004).

A primeira aplicação de um robô de soldagem no processo FSW foi apresentada ao público em Gotemburgo, Suécia, no ano 2000, durante o *Friction Stir Welding Symposium* por dois diferentes grupos de pesquisa (BACKER, 2014). A Figura 1 demonstra um modelo proposto por Mendes, 2016 para adaptação do processo FSW a uma atividade fabril.

Figura 1 - Modelagem 3D e identificação das forças envolvidas no processo de soldagem usando um robô Motoman modelo ES165N.



Fonte: MENDES, 2016.

A intenção do presente trabalho, é que com o uso do monitoramento de forças do robô possa-se definir a força axial atuante na ferramenta de soldagem, juntamente ao controle dos demais parâmetro como velocidade de avanço, penetração do ombro e rotação da ferramenta seja possível executar soldas de qualidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Equipamentos utilizados na soldagem

As soldagens foram realizadas em um braço robótico articulado com 6 eixos do modelo YS165G3, desenvolvido pela Panasonic no Japão e importado pela PowerMig do Brasil.

O braço robótico tem capacidade de 160 kg, medido na posição mais crítica e 18 envergadura total de 2,66 metros, sua velocidade de operação pode ser limitada, variando de 0 a 150 m/min. **A Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra o braço robótico da Panasonic, ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Braço robótico.

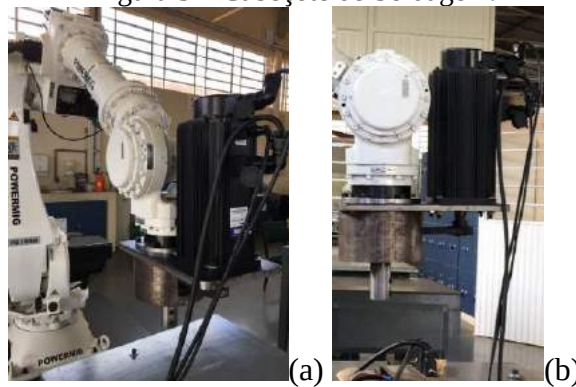


Fonte: Autor.

2.2. Cabeçote de soldagem

O cabeçote de soldagem consiste no acoplamento do servo motor e a ferramenta através de polias, correias e rolamentos. A Figura 3 mostra o primeiro dispositivo desenvolvido para realizar os testes e qualificar os parâmetros de soldagem.

Figura 3 – Cabeçote de Soldagem.



Fonte: O Autor.

2.2.1. Sistemas de controle

O driver utilizado para os experimentos deste trabalho foi o modelo GL240F1, fabricado pela Maxsine na China, com potência máxima admissível de 5 kW, e corrente máxima admissível de 23,5 A. Além do driver de controle foram necessários também alguns componentes elétricos e eletrônicos para comandar o sistema. A Figura 4 mostra os componentes eletroeletrônicos utilizados.

Figura 4 – Driver de monitoramento.



Fonte: Autor

2.2.2. Ferramenta de soldagem

A ferramenta de soldagem foi fabricada em aço VC 131 e é composta por um ombro com 12 mm de diâmetro contendo estrias em espiral com passe de 3 mm e um pino com rosca cônica tendo a ponta com 4 mm de diâmetro e a base com 5 mm de diâmetro, o passe da rosca é 1 mm. A ferramenta é ilustrada na Figura 5.

Figura 5 – Ferramenta de soldagem.



Fonte: O Autor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Monitoramento da força

O sistema de controle do braço robótico possui um modo de monitoramento do percentual de carga em cada eixo/servomotor. Os eixos e valores no robô na posição de soldagem são RT,UA,FA,RW,BW E TW. A Figura 6 ilustra o painel do monitoramento e o robô na posição de soldagem.

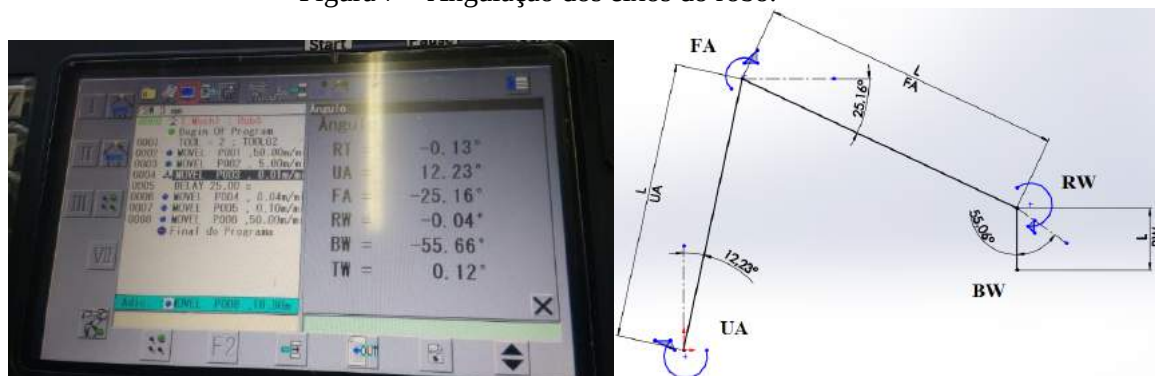
Figura 6 – (a) Monitoramento dos fatores de carga do eixo do robô. (b) Robô na posição de soldagem.



3.2. Teste do Fator de Carga

Foi abordada uma metodologia simplória para obter-se a força em kg aplicada no processo, baseando-se então na equiparação de diversificadas medições com divergentes pesos aplicados ao robô. Para que isso fosse possível, primeiramente iniciou-se a programação de soldagem do robô sem o suporte ou ferramenta, para que então soubéssemos os ângulos formados por cada eixo do mesmo e também definirmos o fator de carga do robô sem nenhuma interferência de peso. Na são mostrados os ângulos formados por cada um dos eixos do robô. Um esquema foi montado para representação dos ângulos no robô, ele pode ser visto Figura 7.

Figura 7 – Angulação dos eixos do robô.



3.3. Teste de Carga com Anilhas e Balança

Foram feitos diversos testes para o monitoramento da carga do robô. Com este em posição de soldagem, foram adicionados os pesos das anilhas no mesmo (sem cabeçote) e monitorado o fator de carga para todas as variações de peso que foram de 20, 40, 60 e 75 kg. Nestes valores não foi possível descobrir qual o peso do braço robótico, mas serviram de base para calcular o valor do % em kgf.

Sendo assim outro teste foi feito agora pressionando o robô contra uma balança industrial com capacidade de medição de 200 kg, aplicando uma força. A tendência do braço robótico é fazer força para cima para manter o braço suspenso, porém no momento em que essa carga inverte, ou seja, o braço força para baixo definimos qual o peso que o braço exerce sobre a ferramenta e assim pudemos descobrir qual o peso suportado pela ferramenta, já que o cabeçote pesa 69 kg. As figuras a seguir ilustrando o momento do monitoramento que inverte a carga e as tabelas dos testes e valores encontrados com as medições das anilhas. A Figura 8 mostra o momento em que se obtém o peso do braço robótico, e as medições dos fatores de carga no teste das anilhas.

Figura 8 – (a) momento de inversão do fator de carga na balança. (b) percentuais encontrados para o fator de carga no teste das anilhas.



(a)

ANILHAS				
PESO : SOMENTE SUPORTE				
EIXOS	UA	FA	RW	BW
FATOR DE CARGA(%)	19	22	1	5
PESO : 20 KG				
EIXOS	UA	FA	RW	BW
FATOR DE CARGA(%)	14	26	3	1
PESO : 40 KG				
EIXOS	UA	FA	RW	BW
FATOR DE CARGA(%)	18	26	3	4
PESO : 60 KG				
EIXOS	UA	FA	RW	BW
FATOR DE CARGA(%)	23	31	1	2
PESO : 75KG				
EIXOS	UA	FA	RW	BW
FATOR DE CARGA(%)	43	37	1	3

(b)

3.4. Estimativa de Carga

A logística implementada leva por base o valor do FA do equipamento sem carga. A partir dos 22 % de FA quando o robô está somente com o suporte, faz-se a comparação dos FA mensurados a partir

da colocação das cargas. Por exemplo, para a carga de 20 kg apresentando um FA de 26 %, se subtrairmos este valor dos 22 % iniciais quando havia somente o suporte, serão 4 centos de divergência causados pelos 20 kg de carga. Nesse sentido, se dividirmos os 20 kg pelos 4% do fator de carga, descobriu-se então o equivale 1% de fator de carga em quilogramas, assim fazendo para os outros monitoramentos tendo ao final uma média de quanto vale o cento do fator de carga para robô em pauta. Chegamos à conclusão que a cada 1% do fator de carga o robô executa aproximadamente 6 kg de força. A Tabela 1 mostra as cargas e suas equivalências em kg.

Tabela 1 – Monitoramento de carga.

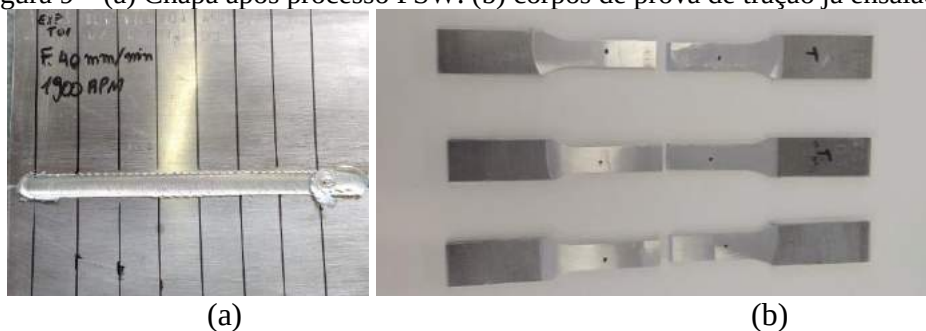
MONITORAMENTO E CARGA		
CARGA(kg)	FA(%)	EQUIVALÊNCIA DO CENTO (EM kg)
SEM CARGA	22	-
20	26	5
40	26	10
60	31	6,67
69	38	4,31
75	37	5
MEDIA DOS VALORES		6,20

3.5. Experimentos

Foram executadas as soldagens conforme os parâmetros da tabela sendo o seu dimensional era de 310 mm por 50 mm cada chapa, e os corpos de prova foram seccionados a 22 mm ao longo da mesma, sendo a solda feita em 100 mm, sendo os respectivos testes RT1, RT2 e RT3. No experimento RT1 os seguintes parâmetros foram utilizados: velocidade de avanço de 40 mm /min, ângulo de ataque da ferramenta 0°, 1900 RPM e ombro com penetração de 7 mm abaixo da superfície (pressão); No experimento RT2 os parâmetros foram: velocidade de avanço de 40 mm/min, ângulo de ataque da ferramenta 3°, 1900 RPM, e ombro com penetração de 8 mm abaixo da superfície; Já no experimento RT3 os parâmetros foram: velocidade de avanço 40mm/min, ângulo de ataque da ferramenta 0°, 1900 RPM e ombro com penetração de 6 mm abaixo da superfície.

No experimento RT1 houve excessiva formação da rebarba, acarretando na fragilização da chapa soldada. Este resultado pode ser comprovado no ensaio de tração da mesma, cujos resultados foram insatisfatórios já que a tensão média de escoamento ficou em 91,65 MPa e a tensão de ruptura em 103,32 MPa sendo o da metal base segundo Giaretton,2017 respectivamente 122,35 MPa e 266,5 MPa. O monitoramento da força foi estabelecido, e o eixo FA desta teve um pico de 57 %. Somando este aos 103 kg do braço + 69 kg do cabeçote chegamos a uma força axial de 514 kgf. A Figura 9 mostra os testes e a chapa soldada.

Figura 9 – (a) Chapa após processo FSW. (b) corpos de prova de tração já ensaiados.



No experimento RT2 a tentativa foi reduzir a rebarba formada no experimento RT1, porém devido a excessiva força efetuado o pino da ferramenta quebrou e o mesmo teve de ser remanejado. O

monitoramento acusou um FA de 60 % e a força axial aplicada foi um total de 532 kgf e este não pode ser usado para execução dos testes de qualificação. O experimento RT3 teve menor formação de rebarba a soldagem foi executada de forma homogênea, porém houve um deslocamento de aproximadamente 2 mm na linha de soldagem, também reprovando a chapa e esta não passou pelos testes de qualificação. O monitoramento acusou FA de 42 % sendo a força axial aplicada de 424 kgf. A Figura 10 mostra as chapas pós-procedimento.

Figura 10 – (a) Experimento RT2. (b) Experimento RT3.



4. CONCLUSÕES

Com o presente estudo foi possível perceber quais os parâmetros estão envolvidos na realização das soldas pelo processo FSW. Sendo que a força de soldagem é determinante para forjar o material plastificado e consolidar a solda. Porém o monitoramento da força e, até mesmo o controle dinâmico da mesma não é simples, requer acessórios e sistemas complexos acoplados aos dispositivos de soldagem.

Com o estudo das cargas aplicando diferentes massas foi possível identificar que na posição de soldagem a massa do braço robótico corresponde a 103 kgf e que cada 1% de torque do motor FA corresponde aproximadamente a 6 kgf. Desta forma, sabendo também que a massa do cabeçote de soldagem que é de 69 kg, foi possível estimar a força axial aplicada em cada experimento de soldagem

REFERÊNCIAS

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.

GIARETTON, B. **Qualificação dos parâmetros do processo FSW em braço robótico utilizado na união de chapas de alumínio AA 5083-O**. Trabalho de Final de Curso para obtenção do título de Engenheiro Mecânico, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação da URI. Erechim, 2017.

MENDES N, Neto P, Loureiro A, Moreira AP. **Machines and control systems for friction stir welding: a review**. Materials & Design. 2016; 90:256-265.

MESSLER, Robert W. **Joining of materials and structures: from pragmatic process to enabling technology**. Butterworth-Heinemann, 2004.

THOMAS, Wayne M. et al. **Friction welding**. U.S. Patent n. 5,460,317, 24 out. 1995.